

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-514637

(P2005-514637A)

(43) 公表日 平成17年5月19日(2005.5.19)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 6/22

F I

G02B 6/22

テーマコード (参考)

2H050

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2003-555253 (P2003-555253)
 (86) (22) 出願日 平成14年12月2日 (2002.12.2)
 (85) 翻訳文提出日 平成16年6月18日 (2004.6.18)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/038505
 (87) 国際公開番号 W02003/054601
 (87) 国際公開日 平成15年7月3日 (2003.7.3)
 (31) 優先権主張番号 10/027, 104
 (32) 優先日 平成13年12月20日 (2001.12.20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

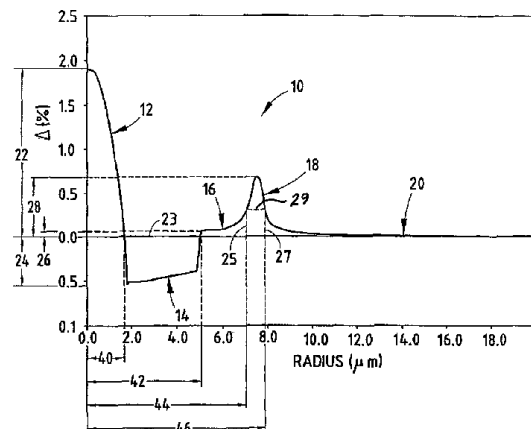
(71) 出願人 501246857
 コーニング・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国ニューヨーク州14831
 , コーニング, リバーフロント・プラザ
 1
 (74) 代理人 100079119
 弁理士 藤村 元彦
 (72) 発明者 ヘブゲン ピーター ジー
 アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2
 8411 ウィルミントン ブリタニーレ
 イクスドライブ 7106
 (72) 発明者 タルツァ スティーブン エイチ
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
 70 ペインテッドポスト パイオニアロ
 ード 313

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低MP I 分散補償ファイバ

(57) 【要約】

分散補償 (DC) ファイバは、相対屈折率を有する中央セグメントと、ディプレストモートセグメントと、中間セグメントと、環状のリングセグメントと、クラッド層と、を含むことが好ましい。DCファイバの相対屈折率プロファイルは、1550nmにおいて-40dB未満のMPIと、略100以下の値と、負の分散傾斜と、負の分散とを提供するように選択されている。DCファイバは、略1550nmの波長において略30dB以下のピン配列曲げ損失を有することが好ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

分散補償光ファイバであって、
略 1 5 5 0 n m の波長において負の分散と、
略 1 5 5 0 n m の波長において負の分散傾斜と、
略 1 5 5 0 n m の波長において 1 0 0 以下の 値と、
1 5 5 0 n m において - 4 0 d B 未満の M P I と、を提供するよう選択された相対屈折率プロファイルを有する、ことを特徴とする光ファイバ。

【請求項 2】

略 1 5 5 0 n m の波長において略 - 4 5 d B 以下の M P I を含むことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。 10

【請求項 3】

略 1 5 5 0 n m の波長において略 - 5 0 d B 以下の M P I を含むことを特徴とする請求項 2 記載の光ファイバ。

【請求項 4】

前記相対屈折率プロファイルは略 1 5 5 0 n m の波長において、略 - 8 0 p s / n m - k m 乃至略 - 2 0 0 p s / n m - k m の範囲内に分散を提供するように選択されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 5】

前記相対屈折率プロファイルは略 1 5 5 0 n m の波長において略 - 1 6 0 p s / n m - k m 乃至略 - 1 1 0 p s / n m - k m の間の分散を提供するように選択されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。 20

【請求項 6】

前記相対屈折率は略 4 0 乃至略 8 0 の範囲にある 値を提供するように選択されている、ことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 7】

前記相対屈折率は略 4 5 乃至略 7 5 の範囲にある 値を提供するように選択されている、ことを特徴とする請求項 5 記載の光ファイバ。

【請求項 8】

相対屈折率を有する中央コアセグメントと、 30
前記中央コアセグメントの外縁に配されかつ前記中央コアセグメントの前記相対屈折率よりも小なる相対屈折率を有するディプレストモートセグメントと、
前記モートセグメントの外縁に配されかつ前記コアセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記モートセグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する中間セグメントと、

前記中間セグメントの外縁に配されかつ前記中央コアセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記中間セグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する環状のリングセグメントと、

前記環状のリングセグメントの外縁に配されかつ前記リングセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記モートセグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有するクラッド層と、を含むことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。 40

【請求項 9】

前記中央コアセグメントの前記相対屈折率は略 1 . 5 1 % 乃至略 2 . 2 7 % の範囲にあることを特徴とする請求項 8 記載の光ファイバ。

【請求項 10】

前記ディプレストモートセグメントの前記相対屈折率は略 - 0 . 4 2 % よりも負であることを特徴とする請求項 8 記載の光ファイバ。

【請求項 11】

前記環状のリングセグメントの前記相対屈折率は略 0 . 5 0 % 乃至略 0 . 8 0 % の範囲にあることを特徴とする請求項 10 記載の光ファイバ。 50

【請求項 1 2】

前記中央コアセグメントは略 $1.4 \mu\text{m}$ 乃至略 $2.1 \mu\text{m}$ の範囲にある外側半径を有することを特徴とする請求項 8 記載の光ファイバ。

【請求項 1 3】

前記ディプレストモートセグメントは略 $4.1 \mu\text{m}$ 乃至略 $6.8 \mu\text{m}$ の範囲にある外側半径を有することを特徴とする請求項 1 2 記載の光ファイバ。

【請求項 1 4】

前記環状のリングセグメントは略 $7.2 \mu\text{m}$ 乃至略 $10.2 \mu\text{m}$ の範囲にある中心半径を有することを特徴とする請求項 1 3 記載の光ファイバ。

【請求項 1 5】

前記コアセグメントの外側半径対前記モートセグメントの外側半径の比が略 0.28 乃至略 0.34 の範囲にあることを特徴とする請求項 8 記載の光ファイバ。

【請求項 1 6】

前記コアセグメントの外側半径対前記モートセグメントの外側半径の比が略 0.30 乃至略 0.325 の範囲にあることを特徴とする請求項 8 記載の光ファイバ。

【請求項 1 7】

前記屈折率は LP_{02} および LP_{11} モードに対して略 1975 nm 未満のカットオフ波長を提供するように選択されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 1 8】

光信号を送信するのに適した光送信機と

前記送信機と光学的に接続されかつ前記光信号を受け取るのに適した光伝送ファイバと

、
前記光伝送ファイバと光学的に接続されかつ前記光信号を受け取るのに適しており、
相対屈折率を有する中央コアセグメントと、

前記中央コアセグメントの外縁に配されかつ前記中央コアセグメントの前記相対屈折率よりも小なる相対屈折率を有するディプレストモートセグメントと、

前記モートセグメントの外縁に配されかつ前記コアセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記モートセグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する中間セグメントと、

前記中間セグメントの外縁に配されかつ前記中央コアセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記中間セグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する環状のリングセグメントと、

前記環状のリングセグメントの外縁に配されかつ前記環状のリングセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記ディプレストモートセグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有するクラッド層と、を含み、

略 1550 nm の波長において負の分散と、

略 1550 nm の波長において負の分散傾斜と、

略 1550 nm の波長において 100 以下の 値と、

1550 nm において -40 dB 未満の MPI と、

を提供するように選択されている、分散補償ファイバと、

前記分散補償ファイバとの光学的な接続に適しかつ前記光信号を受信するのに適した光受信機と、を含むことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、2001年12月20日に出願された米国特許出願第10/027,104号の利益および優先権を主張する。

1. 発明の属する分野

本発明は、通信システムにおいて使用される分散補償 (DC) ファイバに関し、より詳細には、非ゼロ分散シフトファイバ (NZDSF) の分散及び分散傾斜を補償する DC フ

10

20

30

40

50

ファイバに関する。

【背景技術】

【0002】

2. 背景技術

より高いビット伝送レートに対して増加された要求は、分散の影響を制御できる光伝送システムに対する要求を大きくしている。伝送システムが10 Gbit/秒で略1000 ps/nmの残留分散を許容できるものにかかるシステムが40 Gbit/秒のより高い伝送レートにおいて略62 ps/nmの残留分散のみを許容する、ということを一般的な光伝送システムの線形分析は示している。したがって、高いビットレート伝送システムに対して分散を正確に制御することが重要であり、伝送レートが増加するに従ってかかる制御がますます重要になるということは、明らかである。更に、伝送ファイバの分散傾斜が40 Gbit/秒に近い伝送レートに対しても補償されなければならないということ、上記の如き分散を正確に制御する必要性が表している。

10

【0003】

NZDSFを補償するように要求された低い分散及び分散傾斜値を達成するための様々な解決方法が提案されており、フォトニック結晶ファイバ、高次モード分散補償、分散補償格子および2重ファイバ分散補償技術が含まれている。かかる解決方法は、それぞれこれらに関連する重大な欠点を有する。

【0004】

フォトニック結晶ファイバは、NZDSFを補償するように要求されたものに近い大きな負の分散及び負の分散傾斜を有するように設計されている。しかし、フォトニック結晶ファイバは、略10 μm^2 以下の相対的に小なる有効面積を有するという重大な欠点を有し、該有効面積は許容できない高い接続損失を導き、これに伴って接続損失を削減するための移行またはブリッジファイバの使用が要求される。加えて、フォトニック結晶ファイバのまさしくその特性、すなわち該ファイバのコアにおけるガラス/空気界面に起因して、関連した減衰は関心のある伝送窓において許容できない。更に、フォトニック結晶ファイバは、大きいスケールで製造することが非常に困難であり、その結果、高価である。

20

【0005】

高次モード(HOM)分散補償は、ファイバ中を伝送される高次モードの分散特性に依存する。高次モード(例えばLP₀₂及びLP₁₁)は、基本モードに比べてより高い負の分散及び分散傾斜を有することが示されている。高次モード分散補償は、モード変換装置を経て、伝送された基本モードを高次モードのうちの1つに転換することに概して依存している。その後、かかるHOMは、当該モードを支持するHOMファイバ中を伝播される。有限の距離の後、HOMは、第2のモード変換装置を経て基本モードへと逆変換される。HOM分散補償の解決方法に関する課題は、モード変換装置が非効率であることならびに基本モードへの接続に抵抗しつつ高次モード伝送を許容するHOMファイバを製造することが困難であることを含む。

30

【0006】

分散補償格子は、チャープグレーティングを経て要求された差分群遅延を得るために利用される。分散補償格子を利用している技術は、狭波長帯域に対してのみ有用であることが示されており、かかる技術は要求された格子の長さが大になるにつれて概して分散および分散傾斜リプルに悩まされる。

40

【0007】

NZDSFに対する2重ファイバ分散補償の解決方法は、分散補償及び傾斜補償が別々に処理されるということについて、上述した分散補償格子技術と同様である。一般的に、2重ファイバ分散補償技術は分散傾斜補償ファイバに続いて分散補償ファイバを使用することが含まれる。かかる解決方法は、相対的に小なる分散傾斜を補償する分散傾斜補償ファイバの使用を必要とする。光ファイバの広範囲なプロファイルモデリングは、分散傾斜、有効面積および曲げ感度の間の明確に確立された相互関係を結果的に有する。所定のファイバにおける波長分散によって与えられた役割が増加することによって、分散傾斜を減

50

小さくすることが可能であり、場合によっては負の傾斜を形成することもできる。しかし、有効面積が減少するにつれて、ファイバの曲げ感度が増加する。曲げ感度の更なる劣化を犠牲にして、該ファイバの有効面積を増加させることができる。分散傾斜を減少させること若しくは負の分散傾斜を形成することは、基本モードのカットオフ波長の非常に近くで動作させることとなり、その結果、より大なる曲げ損失が該ファイバに提供されて、長波長、すなわち1560nmよりも大なる波長においてより大なる信号損失が発生する。かかる関係によれば、分散および分散傾斜の両方を補償しかつ低分散、低曲げ損失及び低マルチプルパスインターフェレンス(multiple path interference, MPI)などの他の望ましい特性を有する実行可能なDCファイバを製造することは、極めてむずかしい。

【0008】

これまで、分散を削減する若しくは除去するために利用される最も実行可能な広い帯域の商業的技術は、DCファイバモジュールである。高密度の波長分割多重の展開が16、32、40及びより多くのチャンネル数へと増加させるにつれて、広帯域用のDC部品が望まれている。現在の通信システムは単一モード光ファイバを含む。当該ファイバは、効果的であり信頼性のある一般的に利用可能なエルビウムドープファイバ増幅器が使用できるように、1550nm辺りの波長において、信号の伝送が可能となるように設計されている。

【0009】

より高いビットレート情報転送(すなわち40Gbit/秒以上)、超長距離システム(すなわち長さが100kmよりも長いシステム)および光ネットワーク化に対する関心が継続していることにより、NZDSFでデータを送信するネットワークにおいてDCファイバを用いることが避けられなくなっている。NZDSFとDCファイバとの初期の段階における組合せは、1つの波長においてのみ分散を効果的に補償していた。しかし、より高いビットレート、より長い到達距離およびより広い帯域幅は、より正確に補償されるための分散傾斜を必要としている。その結果、伝送ファイバの分散および分散傾斜に厳密に適合する分散および分散傾斜などの分散特性を有するDCファイバが望まれている。

【0010】

DCファイバが幅広い波長帯域に亘って分散および分散傾斜を適切に補償するように設計されると、得られるファイバにおける曲げ特性、マルチプルパスインターフェレンス(MPI)、及び減衰を含む他の光学特性が犠牲にされる。例えば、数キロメートルの長さのDCファイバがモジュール内で使用するためにパッケージされかつこの中に配置された心棒の周りに巻き取られた場合、曲げ特性が不安定になる。通信システムにおける光学ビット流れが、これが進行する2つの異なる経路を有する場合、MPIが発生し得る。上記のことは、光が2、3のモードにされたファイバ中を異なるモードで進行する光学部品の複数の反射から発生し、かつファイバの屈折率において巨視的な変化もしくは小なる不均等性に起因して発生する。特に、かかる変化によって、光が全方向に散乱され、そのうちの幾らかは後方へファイバ内に戻って結合される。かかる後方散乱光は、さらにレイリー散乱を受けて前方方向に再度結合できて、その結果1次信号と干渉してしまう。測定されたMPIは、かかるメカニズムの全てからの寄与を含み得る。MPIは、それ自身が光学リンク(光受信機において見受けられる)におけるノイズとして示されており、かつシステムの特性を低下させる。MPIは、第2経路におけるパワーを第1経路におけるパワーで割った比として一般的に定義されている。したがって、1550nm近辺の幅広い波長帯域に亘って非ゼロ分散シフトファイバの分散及び分散傾斜を補償し、同時にMPIなどの信号の伝播に不利益な影響を最小限にして、同時に良好な減衰及び曲げ特性を維持する能力を有する代替のDCファイバを開発することが望まれている。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、Cバンド(1525nm乃至1565nm)におけるNZDSFの分散及び

10

20

30

40

50

分散傾斜を補償するDCファイバとこれを用いたシステムに関する。本明細書において開示されているDCファイバおよびシステムは、DCファイバにおいて低いMPIを達成しつつNZDSFの分散および分散傾斜を良好に補償することができる。該DCファイバは良好な曲げ特性および低い分散も維持されている。

【0012】

本発明のある実施例は、相対屈折率を有する中央コアセグメントと、該中央コアセグメントの外縁に配されかつ該中央コアセグメントの該相対屈折率よりも小なる相対屈折率を有するディプレストモートセグメントと、該モートセグメントの外縁に配されかつ該コアセグメントの該相対屈折率よりも小でありかつ該モートセグメントの該相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する中間セグメントと、を有するDCファイバに関する。該DCファイバは、該中間セグメントの外縁に配されかつ該中央コアセグメントの該相対屈折率よりも小でありかつ該中間セグメントの該相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する環状のリングセグメントと、該環状のリングセグメントの外縁に配されかつ該リングセグメントの該相対屈折率よりも小でありかつ該モートセグメントの該相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有するクラッド層と、をさらに含む。

10

【0013】

他の実施例において、DCファイバの相対屈折率プロファイルは、略1550nmの波長において負の分散と、略1550nmの波長において負の分散傾斜と、略1550nmの波長において略100以下の値と、1550nmにおいて-40dB未満であり、より好ましくは-45dB未満であり、最も好ましくは-50dB未満であるMPIと、を提供するように選択されている。該DCファイバは、1550nmにおいて、略30dB以下であり、より好ましくは20dB未満であり、最も好ましくは17dB未満であるピン配列曲げ損失も有する。

20

【0014】

本発明の好ましい実施例は、相対屈折率と外側半径とを有する中央コアセグメントと、該中央コアセグメントの外縁に配されかつ該中央コアセグメントの該相対屈折率よりも小なる相対屈折率と外側半径とを有するディプレストモートセグメントと、該モートセグメントの外縁に配されかつ該コアセグメントの該相対屈折率よりも小でありかつ該モートセグメントの該相対屈折率よりも大なる相対屈折率と外側半径とを有する中間セグメントと、を有するDCファイバに関する。該DCファイバは、該中間セグメントの外縁に配されかつ該中央コアセグメントの該相対屈折率よりも小でありかつ該中間セグメントの該相対屈折率よりも大なる相対屈折率と外側半径とを有する環状のリングセグメントと、該環状のリングセグメントの外縁に配されかつ該リングセグメントの該相対屈折率よりも小でありかつ該モートセグメントの該相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有するクラッド層と、をさらに含む。

30

【0015】

該中央コアセグメント、該ディプレストモートセグメント、該中間セグメント、該環状セグメント及び該クラッド層における半径および相対屈折率は、以下の範囲から選択される。すなわち、該中央コアセグメントの該相対屈折率が略1.51%乃至略2.27%の範囲にあり、該ディプレストモートセグメントの該相対屈折率が略-0.42%乃至略-0.62%の範囲にあり、該中間セグメントの該相対屈折率が略0.040%乃至略0.060%の範囲にあり、該環状のリングセグメントの該相対屈折率が略0.50%乃至略0.74%の範囲にあり、該中央コアセグメントの該外側半径が略1.4ミクロン乃至略2.1ミクロンの範囲にあり、該ディプレストモートセグメントの該外側半径が略4.1ミクロン乃至略6.2ミクロンの範囲にあり、該中間セグメントの該外側半径が略5.9ミクロン乃至略8.2ミクロンの範囲にあり、該環状のリングセグメントの該外側半径が略7.2ミクロン乃至略10.2ミクロンの範囲にある。

40

【0016】

該中央コアセグメント、該ディプレストモートセグメント、該中間セグメント、該環状セグメント及び該クラッド層における半径および相対屈折率は、略1550nmの波長に

50

において負の分散と、略 1550 nm の波長において負の分散傾斜と、略 1550 nm の波長において略 100 以下の値と、-40 dB 未満の MPI と、を提供するように更に選択されている。より好ましくは、該 DC ファイバは、1550 nm の波長において略 30 dB 以下のピン配列曲げ損失を有する。

【0017】

本発明は、上述の如き実施例の DC ファイバ及びモジュールを採用した光通信システムをも含む。

【0018】

本発明のシステムは、分散及び分散傾斜の両方を実質的に完全に補償するための本発明による DC ファイバを使用しており、その結果、高コストの補償材料及び構成部品に対する必要性、及び / 又は製造することが困難でありかつ高価でありかつ重要な信号損失に寄与する DC ファイバの使用要求を、除去することができる。本発明は、分散および分散傾斜の両方を更に補償し、曲げ損失及び減衰と同様に、MPI の最小化を同時に行うことができる。

10

【0019】

本発明の更なる特徴および利点は、以下の詳細な説明に記載されており、当該記載から当業者にとって明白になり若しくは特許請求の範囲及び添付図面と共に以下の詳細な説明に記載の如き本発明を実施することによって理解される。

【0020】

上述の説明は、単に本発明の典型例でありかつ特許請求の範囲において定義されている本発明の特徴及び特性が理解できるように概略を提供するように企図されたものであるということを理解されたい。添付の図面は、本発明の更なる理解を提供するように含まれかつ組み込まれており、本明細書の一部を構成している。図面は、本発明の原理及び動作の説明を提供する説明と共に、本発明のさまざまな特徴および実施例を示している。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明が、特に正反対に指定された場合を除いて、様々な代替の構造を採り得る、ということを理解されたい。さらに、添付の図面において示されかつ以下の説明に記載されている特定の装置が特許請求の範囲において定義された発明の概念の典型的な実施例であるということも理解されたい。それ故に、本明細書において開示された実施例に関する特定の寸法および他の物理的な特性は、特許請求の範囲において特に記載されている場合を除いて、制限されない。

30

定義

以下の定義および用語は、従来技術において一般的に使用されたものである。

【0022】

コアのセグメント群の半径は、セグメントを形成する材料の屈折率に関して定義されている。特定のセグメントは、最初と最後の屈折率点を有する。中央セグメントは、当該セグメントの最初の点がセグメントの中心線上にある故、ゼロの内側半径を有する。中央セグメントの外側半径は、導波路中心線から中央セグメントの屈折率の最後の点まで線引きされる半径である。中心線から離れている最初の点を有するセグメントに対して、導波路中心線から当該最初の屈折率点の場所までの半径が、当該セグメントの内側半径である。同様に、導波路中心線から当該セグメントの最後の屈折率点の位置までの半径が、当該セグメントの外側半径である。

40

【0023】

セグメントの半径は、数多くの方法で便利に定義することができる。本出願において、半径は図に従って定義され、以下において詳述される。

【0024】

セグメントの半径と屈折率の定義は、屈折率プロファイルに記載するように使用されているものの、本発明を限定するものではない。

【0025】

50

有効面積が、次の式で一般的に定義されている。

【 0 0 2 6 】

【 数 1 】

$$A_{eff} = 2\pi(\int E^2 r dr)^2 / (\int E^4 r dr)$$

【 0 0 2 7 】

上記式において、積分限界はゼロから であり、E は伝播された光に関する電界である。

10

【 0 0 2 8 】

セグメントの相対屈折率（ % ）が、本明細書において使用されており、次の式によって定義されている。

【 0 0 2 9 】

【 数 2 】

$$\Delta\% = 100 \times (n_i^2 - n_c^2) / 2n_c^2$$

【 0 0 3 0 】

20

上記式において、 n_i が i として示されるインデックスプロファイルセグメントの最大屈折率であり、 n_c （参照屈折率）がクラッド層の屈折率である。セグメントにおけるあらゆる点は、関連した相対屈折率を有する。最大相対屈折率は、全体的な形状が判っているセグメントを便利に特徴づけるために使用されている。

【 0 0 3 1 】

相対屈折率プロファイル若しくはインデックスプロファイルという用語は、 % 若しくは屈折率とコアの選択されたセグメントにおける半径との間の関係に用いられている。

【 0 0 3 2 】

導波ファイバの曲げ抵抗は、規定された試験条件の下で誘発された減衰として表されている。本明細書において基準とされた曲げ試験は、曲げに対する導波ファイバの相対的な耐性を比較するように使用されているピン配列曲げ試験である。当該試験を実施するために、本質的に誘導曲げ損失がない状態で導波ファイバに対して減衰損失が測定される。その後、導波ファイバは蛇行経路で該ピン配列の間を通して織り込まれ、再度減衰が測定される。曲げによって誘導された損失は、当該 2 つの測定された減衰値間の差分である。該ピン配列は、1 列に並べられかつ平坦面の固定位置に保持された 10 の円筒状ピンのセットである。ピン間隔は、中心と中心との間が 5 mm である。ピン直径は 0.67 mm である。試験中、蛇行経路で織り込まれた導波ファイバが該ピンと該ファイバとの間の接触するピン表面の部分に従うように、十分な張力が加えられる。

30

【 0 0 3 3 】

DCファイバのMPIという用語は、マルチプルパスインターフェレンス（MPI）のことであり、かつDCファイバの長さに沿って光信号が横断する場合に上述したメカニズムに帰される。MPIは、以下のようにすぐに測定できる。

40

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

$$MPI = 10 * \text{Log} \left\{ \frac{P_{secondary}}{P_{primary}} \right\} \quad \text{dB}$$

【 0 0 3 5 】

上記式において、 $P_{secondary}$ は 2 次経路（群）におけるパワーであり、 $P_{primary}$ は 1

50

次経路におけるパワーである。

【 0 0 3 6 】

M P I の測定は、分布帰還型レーザから D C ファイバの第 1 端部へと連続波光を発射させることによって実施される。試験された長さは、モジュール（一般的に 2 - 5 k m ）に提供されるファイバの長さである。発射された信号は、D C ファイバの第 2 端部へ結合、すなわち光学的に接続された検出器（例えばフォトダイオード）によって検出される。該信号の周波数成分については、電氣的なスペクトル分析器（E S A ）によって測定される。E S A は、信号のビートノイズの周波数成分を検出する。特に、それは 1 次および 2 次経路間のビートノイズを検出し、その結果 M P I 測定が得られる。ビートノイズの量が大となるに従い、M P I の量が大となる。その後、ノイズスペクトルデータは、D C ファイバの M P I が得られるように、様々なレベルの複数経路の混合の光信号を示している曲線群から仮曲線に適合される。M P I の測定についての更なる詳細は、クリス・アール・・エス・フルッガー及びロバート・ジェイ・マース、「分布ラマン増幅器におけるマルチパスインターフェレンスの電氣的特性」、ジャーナル・オブ・ライトウエブ・テクノロジー、2 0 0 1 年 4 月、第 1 9 巻、第 4 号（Journal of Lightwave Technology, Vol. 19, No. 4, April, 2001 entitled "Electrical Measurements of Mulipath Interference in Distributed Raman Amplifiers" by Chris R. S. Fludger and Robert J. Mears）において見ることができる。特に、次の式がフリーパラメータとして M P I を用いる E S A によって測定されたデータによく適合する場合、上記記事における式 1 8 は M P I 測定を提供する。

【 0 0 3 7 】

【 数 4 】

$$RIN_{mpi}(f) = 2(MPI) \frac{\frac{2\Delta\nu}{\pi}}{1 + (f/\Delta\nu)^2}$$

【 0 0 3 8 】

伝送ファイバと該伝送ファイバの所定の波長における分散を実質的に完全に補償する D C ファイバとの間の関係は、次の一般的な式に従う。

【 0 0 3 9 】

【 数 5 】

$$D_{DC}(\lambda)L_{DC} = -D_T(\lambda)L_T$$

【 0 0 4 0 】

上記式において、 D_{DC} （ ）は波長 における分散補償ファイバの分散であり、 L_{DC} は分散補償ファイバの長さであり、 D_T （ ）は波長 における伝送ファイバの分散であり、 は光伝送帯域内の波長であり、 L_T は伝送ファイバの長さである。D C ファイバと伝送ファイバとの間の分散のかかる望ましい関係は、多様な長さの D C ファイバ群からなる D C ファイバ群に対して正確に維持されている。

【 0 0 4 1 】

伝送ラインにおける光ファイバの の望ましい関係は、次の式の通りである。

【 0 0 4 2 】

【 数 6 】

$$\kappa_{DC}(\lambda) = \frac{D(\lambda)_{DC}}{S(\lambda)_{DC}} = \kappa_T(\lambda) = \frac{D(\lambda)_T}{S(\lambda)_T}$$

【 0 0 4 3 】

10

20

30

40

50

上記式において、 $D_C(\lambda)$ は波長 λ におけるDCファイバの分散であり、 $D(\lambda)_{DC}$ は波長 λ における分散補償ファイバの分散であり、 $S(\lambda)_{DC}$ は波長 λ におけるDCファイバの分散傾斜であり、 $T(\lambda)$ は波長 λ における伝送ファイバの分散であり、 $D(\lambda)_T$ は波長 λ における伝送ファイバの分散であり、 $S(\lambda)_T$ は波長 λ における伝送ファイバの分散傾斜である。DCファイバおよび伝送ファイバの分散値が波長帯域全体に亘って等しく実行できるように選択されかつ設計される、ということが望ましいことを理解されたい。

【0044】

本明細書に記載されかつ開示されているDCファイバは、図1に示す如き、一般的なセグメント化された構造を有する。各セグメントは、相対屈折率 n_i 及び外側半径 r_i を有する屈折率プロファイルによって記載されている。及び r の下付き文字の i は、特定のセグメントを参照している。かかるセグメントは、導波路の縦軸中心線を含む最も内側のセグメントから始まって、 r_1 から r_c の番号が付されている。屈折率(n_c)を有するクラッド層は、DCファイバを囲繞している。図示されている実施例において、DCファイバ10は、外側半径 r_1 を有する中央コアセグメント12と、外側半径 r_2 を有するディプレスト(depressed)モートセグメント14と、外側半径 r_3 を有する中間セグメント16と、外側半径 r_4 を有する環状のリングセグメント18と、外側半径 r_c を有するクラッド層20と、を有する。図1に示された寸法は、明瞭にするためのものであり、計測するために記載されたものではない。

【0045】

第1実施例のDCファイバ10の相対屈折率プロファイルの一般的な表現が、図2に示されており、当該図はDCファイバの半径に対してグラフ化された相対屈折率を示している。図2は4つの分離したセグメントのみを示しているものの4よりも多いセグメントを有するDCファイバを形成することによって機能的な要求を満たすことができる、ということを理解されたい。しかし、より少ない数のセグメントを有する実施例は、通常製造するのがより簡単であり、故に好ましい。更に、DCファイバ10は、気相軸付け法(VAD)、内付け法(MCVD)、プラズマ化学蒸着法(PCVD)および外付け法(OVD)を含む様々な方法を経て形成することができるものの、これらに限定されない。DCファイバ10は、OVD法を用いて形成されることが好ましい。

【0046】

DCファイバ10の中央コアセグメント12は、好ましくは略1.51%乃至略2.27%の範囲にあり、より好ましくは略1.70%乃至略2.08%の範囲にあり、最も好ましくは略1.80%乃至略1.98%の範囲にある相対屈折率 Δn_1 を有する。図2に示されているように、中央コアセグメント12は、略1.4ミクロン乃至略2.1ミクロンの範囲にあり、より好ましくは略1.6ミクロン乃至略1.9ミクロンの範囲にあり、最も好ましくは略1.6ミクロン乃至略1.8ミクロンの範囲にある、外側半径40(r_1)も有する。半径40(r_1)は、純シリカからなることが好ましいクラッド層20の相対屈折率プロファイルに対応する横軸23と中央コアセグメント12のプロファイルとの交差部によって定義されている。

【0047】

ファイバ10のディプレストモートセグメント14は、略-0.42%(最小点における値)よりも小であり、より好ましくは略-0.61%乃至略-0.42%の範囲にあり、最も好ましくは略-0.58%乃至略-0.50%の範囲にある相対屈折率 Δn_2 を有する。モートセグメント14は、略4.1ミクロン乃至略6.8ミクロンの範囲にあり、より好ましくは略4.6ミクロン乃至略6.3ミクロンの範囲にあり、最も好ましくは略4.9ミクロン乃至略5.9ミクロンの範囲にある外側半径42(r_2)も有する。外側半径42(r_2)は、モートセグメント14と中間セグメント16との交差部である。図示された実施例において、外側半径42(r_2)は、クラッド層20のプロファイルに対応する横軸23とモートセグメント14のプロファイルの交差部によって定義されている。

10

20

30

40

50

【0048】

DCファイバ10の中間セグメント16は、略0.04%乃至略0.072%の範囲にあり、より好ましくは略0.045%乃至略0.066%の範囲にあり、最も好ましくは略0.048%乃至略0.063%の範囲にある相対屈折率26(r_3)を有する。中間セグメント16は、略5.5ミクロン乃至略8.5ミクロンの範囲にあり、より好ましくは略6.2ミクロン乃至略7.8ミクロンの範囲にあり、最も好ましくは略6.5ミクロン乃至略7.4ミクロンの範囲にある外側半径44(r_3)も有する。外側半径44(r_3)は、中間セグメント16とリングセグメント18との交差部である。図示されているように、外側半径44(r_3)は、ファイバ中心線からリングセグメント18の上昇部分の最大相対屈折率の半分の値の点から垂下されている垂線25までの大きさを有する。該最大屈折率の半分の値の点は、基準点(すなわち r_4 値の半分の値に対応する点)として、クラッド層20(すなわち $\% = 0$)とリングセグメント18の最大相対屈折率28とを用いて決定される。

【0049】

DCファイバ10の環状のリングセグメント18は、略0.5%乃至略0.8%の範囲にあり、より好ましくは略0.56%乃至略0.74%の範囲にあり、最も好ましくは略0.59%乃至略0.70%の範囲にある相対屈折率28(r_4)を有する。リングセグメント18は、略7.2ミクロン乃至略10.2ミクロンの範囲にあり、より好ましくは略7.4ミクロン乃至略9.2ミクロンの範囲にあり、最も好ましくは略7.7ミクロン乃至略8.8ミクロンの範囲にある外側半径46(r_4)も有する。外側半径18(r_4)は、半分の高さの線29とリングセグメント18との交差部に位置している。図示されているように、半径46(r_4)は、ファイバ中心線からリングセグメント18の下降部分の最大相対屈折率の半分の値の点から垂下されている垂線27までの大きさを有する。該最大屈折率の半分の値の点は、基準点として、クラッド層20(すなわち $\% = 0$)と最大相対屈折率28とを用いて決定されている。

【0050】

リングセグメント18の外側半径46(r_4)は、クラッド層20の内側半径でもある。クラッド層20は、リングセグメント46を囲繞し、かつ略0%の相対屈折率(r_c)と、略62.5ミクロンの外側半径 r_c とを有する。

【0051】

本発明のDCファイバは、0 ps/nm-km未満であることが好ましく、略-80 ps/nm-km乃至略-200 ps/nm-kmの範囲にあることがより好ましく、略-110 ps/nm-km乃至略-160 ps/nm-kmの範囲にあることが最も好ましい分散と、100未満であることが好ましく、略40乃至略95の範囲内にあることがより好ましく、略45乃至略75の範囲内にあることが最も好ましいと、1550 nmにおいて略-40 dB未満であり、1550 nmにおいて略-45 dBであることがより好ましく、1550 nmにおいて略-50 dB未満であることが最も好ましいMPIと、30 dB未満であることが好ましく、略20 dB未満であることがより好ましく、略17 dB未満であることが最も好ましいピン配列曲げ損失と、略0.360未満であることが好ましく、略0.28乃至略0.34の範囲内にあることがより好ましく、略0.30乃至略0.325の範囲内にあることが最も好ましい、コアセグメントの外側半径対モートセグメントの外側半径の比と、を含む略1550 nmの波長における光学特性を有する。

【0052】

DCファイバ10のMPIは、リングセグメント18の位置をDCファイバ10の中心線に向かってさらに移動させることによって改良することができる。さらなる改良は、相対屈折率28(r_4)を減少させることによって、実施できる。モートセグメント14の深さを浅くすることによって、更にMPIが低くなる。さらにモートセグメントは、より狭く形成することができて、その結果、MPIを削減することができる。もちろん、組み合わせにおけるこれらのいずれも影響力を有し、幾つかの若しくは全部のパラメータは適切なカップバおよび許容できる曲げ損失が得られると共にMPIにおける変化に影響を及ぼ

すように同時に調整される。

【 0 0 5 3 】

実施例 1

図 2 のグラフは、中央コアセグメント 1 2 と、ディプレストモートセグメント 1 4 と、中間セグメント 1 6 と、環状のリングセグメント 1 8 と、クラッド層 2 0 と、を含む D C ファイバ 1 0 の実施例を示している。

【 0 0 5 4 】

コアセグメント 1 2 は、略 1 . 8 9 % の相対屈折率 2 2 (n_1) と、略 1 . 7 3 ミクロンの外側半径 4 0 (r_1) と、を有する。モートセグメント 1 4 は、略 - 0 . 5 2 % の相対屈折率 2 4 (n_2) と、略 5 . 1 5 ミクロンの外側半径 4 2 (r_2) と、を有する。中間セグメント 1 6 は、略 0 . 0 5 % の相対屈折率 2 6 (n_3) と、略 7 . 0 8 ミクロンの外側半径 4 4 (r_3) と、を有する。リングセグメント 1 8 は、略 0 . 6 5 % の相対屈折率 2 8 (n_4) と、略 7 . 9 ミクロンの外側半径 4 6 (r_4) と、を有する。クラッド層 2 0 は、略 0 % の相対屈折率 (n_c) と、略 6 2 . 5 ミクロンの外側半径 (r_c) と、を有する。ファイバ 1 0 におけるコアセグメント 1 2 の外径 4 0 (r_1) 対モートセグメント 1 4 の外径 4 2 (r_2) の比は、略 0 . 3 3 6 である。

【 0 0 5 5 】

図 2 の D C ファイバ 1 0 の光学特性が、表 1 に示されている。

【 0 0 5 6 】

【表 1】

実施例 1 のファイバの光学特性

1550 nm における分散 (ps/nm-km)	-155
1550 nm における分散傾斜 (ps/nm ² -km)	-1.80
1550 nm におけるカップ	86
1550 nm における MPI (dB)	-55
1550 nm におけるピン配列曲げ損失 (dB)	16.0
1550 nm における有効面積 (μm ²)	16.5
カットオフ波長 (nm) LP ₀₂	1689
カットオフ波長 (nm) LP ₁₁	1937

【 0 0 5 7 】

実施例 2

本発明の D C ファイバの他の実施例が、図 3 に示されている。D C ファイバ 1 0 a が上述した補償ファイバ 1 0 に類似している故、図 2 及び図 3 に示されている類似の部分は、末尾に付された “ a ” と後の方の符号を除いて、同様の対応符号によりそれぞれ示されている。

【 0 0 5 8 】

D C ファイバ 1 0 a は、中央コアセグメント 1 2 a と、ディプレストモートセグメント 1 4 a と、中間セグメント 1 6 a と、環状のリングセグメント 1 8 a と、クラッド層 2 0 a と、を含む。コアセグメント 1 2 a は、略 1 . 8 9 % の相対屈折率 2 2 a (n_1) と、略 1 . 7 3 ミクロンの外側半径 4 0 a (r_1) と、を有する。モートセグメント 1 4 a は、略 - 0 . 5 2 % の相対屈折率 2 4 a (n_2) と、略 5 . 4 5 ミクロンの外側半径 4 2 a (r_2) と、を有する。中間セグメント 1 6 a は、略 0 . 0 6 % の相対屈折率 2 6 a (n_3) と、略 6 . 8 5 ミクロンの外側半径 4 4 a (r_3) と、を有する。リングセグメント 1

8 a は、略 0 . 6 7 % の相対屈折率 2 8 a (r_4) と、略 8 . 1 ミクロンの外側半径 4 6 a (r_4) と、を有する。クラッド層 2 0 a は、略 0 % の相対屈折率と、略 6 2 . 5 ミクロンの外側半径と、を有する。コアセグメント 1 2 a の外径 4 0 a (r_1) 対モートセグメント 1 4 a の外径 4 2 a (r_2) の比は、略 0 . 3 1 7 である。

【 0 0 5 9 】

図 3 の D C ファイバ 1 0 a の光学特性が、表 2 に示されている。

【 0 0 6 0 】

【 表 2 】

実施例 2 のファイバの光学特性

1550 nm における分散 (ps/nm-km)	-155
1550 nm における分散傾斜 (ps/nm ² -km)	-2.04
1550 nm におけるカップ	76
1550 nm における MPI(dB)	-55
1550 nm におけるピン配列曲げ損失(dB)	22.7
1550 nm における有効面積(μm^2)	16.6
カットオフ波長 (nm) LP_{02}	1680
カットオフ波長 (nm) LP_{11}	1888

10

20

【 0 0 6 1 】

実施例 3

本発明の D C ファイバの他の実施例が、図 4 に示されている。D C ファイバ 1 0 b は、上述した D C ファイバ 1 0 に類似している故、図 2 及び図 4 に示されている類似の部分、符号の後ろの方における末尾の “ b ” を除いて、同様の対応符号によりそれぞれ示されている。

【 0 0 6 2 】

D C ファイバ 1 0 b は、中央コアセグメント 1 2 b と、ディプレストモートセグメント 1 4 b と、中間セグメント 1 6 b と、環状のリングセグメント 1 8 b と、クラッド層 2 0 b と、を含む。コアセグメント 1 2 b は、略 1 . 8 9 % の相対屈折率 2 2 b (r_1) と、略 1 . 7 3 ミクロンの外側半径 4 0 b (r_1) と、を有する。モートセグメント 1 4 b は、略 - 0 . 5 2 % の相対屈折率 2 4 b (r_2) と、略 5 . 4 ミクロンの外側半径 4 2 b (r_2) と、を有する。中間セグメント 1 6 b は、略 0 . 0 6 % の相対屈折率 2 6 a (r_3) と、略 6 . 8 5 ミクロンの外側半径 4 4 a (r_3) と、を有する。リングセグメント 1 8 a は、略 0 . 6 7 % の相対屈折率 2 8 a (r_4) と、略 8 . 1 ミクロンの外側半径 4 6 b (r_4) と、を有する。クラッド層 2 0 b は、略 0 % の相対屈折率と、略 6 2 . 5 ミクロンの外側半径と、を有する。コアセグメント 1 2 a の外径 4 0 b (r_1) 対モートセグメント 1 4 b の外径 4 2 b (r_2) の比は、略 0 . 3 2 0 である。

30

40

【 0 0 6 3 】

図 4 の D C ファイバ 1 0 b の光学特性が、表 3 に示されている。

【 0 0 6 4 】

【表 3】

実施例3のファイバの光学特性

1550 nm における分散 (ps/nm-km)	-154
1550 nm における分散傾斜 (ps/nm ² -km)	-2.08
1550 nm における カッパ	74
1550 nm における MPI(dB)	-55
1550 nm におけるピン配列曲げ損失 (dB)	16.7
1550 nm における有効面積(μm^2)	16.5
カットオフ波長 (nm) LP ₀₂	1692
カットオフ波長 (nm) LP ₁₁	1957

10

【0065】

実施例 4

本発明のDCファイバの他の実施例が、図5に示されている。DCファイバ10cは、
 上述したDCファイバ10に類似している故、図2及び図5に示されている類似の部分は、
 符号の後ろの方における末尾の“c”を除いて、同様の対応符号によりそれぞれ示され
 ている。

20

【0066】

DCファイバ10cは、中央コアセグメント12cと、ディプレストモートセグメント
 14cと、中間セグメント16cと、環状のリングセグメント18cと、クラッド層20
 cと、を含む。コアセグメント12cは、略1.89%の相対屈折率22c(n_1)と、
 略1.73ミクロンの外側半径40c(r_1)と、を有する。モートセグメント14cは
 、略-0.52%の相対屈折率24c(n_2)と、略5.69ミクロンの外側半径42c
 (r_2)と、を有する。中間セグメント16cは、略0.06%の相対屈折率26c(n_3
)と、略6.9ミクロンの外側半径44c(r_3)と、を有する。リングセグメント18
 cは、略0.62%の相対屈折率28c(n_4)と、略8.2ミクロンの外側半径46c
 (r_4)と、を有する。クラッド層20cは、略0%の相対屈折率と、略62.5ミクロ
 ンの外側半径と、を有する。コアセグメント12cの外径40c(r_1)対モートセグメ
 ント14cの外径42c(r_2)の比は、略0.304である。

30

【0067】

図5のDCファイバ10cの光学特性が、表4に示されている。

【0068】

【表 4】

実施例4のファイバの光学特性

1550 nm における分散 (ps/nm-km)	-150
1550 nm における分散傾斜 (ps/nm ² -km)	-2.24
1550 nm におけるカップ	67
1550 nm における MPI(dB)	-55
1550 nm におけるピン配列曲げ損失 (dB)	27.7
1550 nm における有効面積(μm^2)	15.9
カットオフ波長 (nm) LP ₀₂	1675
カットオフ波長 (nm) LP ₁₁	1872

10

【0069】

実施例 5

新規な DC ファイバの他の実施例が、図 6 に示されている。DC ファイバ 10 d は、上述した DC ファイバ 10 に類似している故、図 2 及び図 6 に示されている類似の部分は、符号の後ろの方における末尾の “d” を除いて、同様の対応符号によりそれぞれ示されている。

【0070】

DC ファイバ 10 d は、中央コアセグメント 12 d と、ディプレストモートセグメント 14 d と、中間セグメント 16 d と、環状のリングセグメント 18 d と、クラッド層 20 d と、を含む。コアセグメント 12 d は、略 1.89% の相対屈折率 22 d (n_1) と、略 1.73 ミクロンの外側半径 40 d (r_1) と、を有する。モートセグメント 14 d は、略 -0.55% の相対屈折率 24 d (n_2) と、略 5.69 ミクロンの外側半径 42 d (r_2) と、を有する。中間セグメント 16 d は、略 0.06% の相対屈折率 26 d (n_3) と、略 6.9 ミクロンの外側半径 44 d (r_3) と、を有する。リングセグメント 18 d は、略 0.62% の相対屈折率 28 d (n_4) と、略 8.2 ミクロンの外側半径 46 d (r_4) と、を有する。クラッド層 20 d は、略 0% の相対屈折率と、略 62.5 ミクロンの外側半径と、を有する。コアセグメント 12 d の外径 40 d (r_1) 対モートセグメント 14 d の外径 42 d (r_2) の比は、略 0.304 である。

【0071】

図 6 の補償ファイバ 10 d の光学特性が、表 5 に示されている。

【0072】

【表 4】

実施例5のファイバの光学特性

1550 nm における分散 (ps/nm-km)	-119
1550 nm における分散傾斜 (ps/nm ² -km)	-1.65
1550 nm におけるカットオフ波長 (nm) LP ₀₂	72
1550 nm における MPI(dB)	-55
1550 nm におけるピン配列曲げ損失 (dB)	16.8
1550 nm における有効面積(μm ²)	15.1
カットオフ波長 (nm) LP ₁₁	1691
カットオフ波長 (nm) LP ₁₁	1889

10

【0073】

本発明により製造された DC ファイバ 10 (10 a、10 b、10 c 及び 10 d) は、図 7 に示す如き光ファイバ通信システム 50 において使用できる。システム 50 は矢印 54 によって示された方向で光導波伝送ファイバ 56 を通過する光信号を送信させるのに適している光送信機 52 を含み、当該ファイバは送信機 52 に光学的に接続されている。システム 50 は伝送ファイバ 56 と光学的に接続されている光導波補償ファイバ 10 (10 a、10 b、10 c 及び 10 d) と光信号 54 を受信するのに適した光受信機 58 とを有する。ファイバ 10 (又は 10 a、10 b、10 c 及び 10 d) は、ボックス内でコイル形状または公知の他のあらゆる形態若しくは包装にされてシステム 50 内において使用できる。最も多くのシステムにおいて、伝送ファイバ 56 と補償ファイバ 10 (10 a、10 b、10 c 及び 10 d) の端部の両方は双方向の信号伝送が可能であり、送信機 52 及び受信機 58 は図示することのみを目的として示されている。システム 50 は、明確に示されていないものの、プリアンプ、パワーアンプなどの更なる構成部品を含むことができる。

20

30

【0074】

本明細書において記載されかつ図示されている実施例及び本発明の好適な実施例に対する様々な変更が、特許請求の範囲によって定義された本発明の範囲から逸脱することなく行うことができることは、当業者にとって明白である。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図 1】図 1 は、本発明による DC ファイバ導波路の概略断面図である。

【図 2】図 2 は、本発明による DC ファイバの第 1 実施例の導波屈折率プロファイルのグラフである。

40

【図 3】図 3 は、本発明による DC ファイバの第 2 実施例の導波屈折率プロファイルのグラフである。

【図 4】図 4 は、本発明による DC ファイバの第 3 実施例の導波屈折率プロファイルのグラフである。

【図 5】図 5 は、本発明による DC ファイバの第 4 実施例の導波屈折率プロファイルのグラフである。

【図 6】図 6 は、本発明による DC ファイバの第 5 実施例の導波屈折率プロファイルのグラフである。

【図 7】図 7 は、本発明の DC ファイバを用いた光ファイバ通信システムの概略ブロック図である。

50

【図 1】

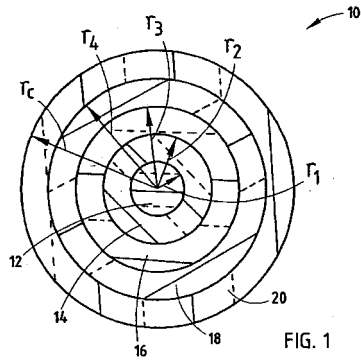


FIG. 1

【図 3】

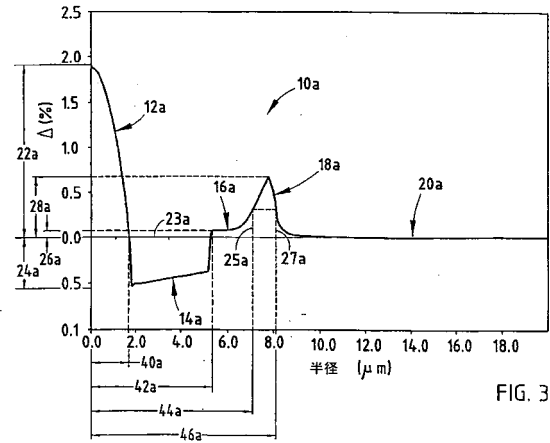


FIG. 3

【図 2】

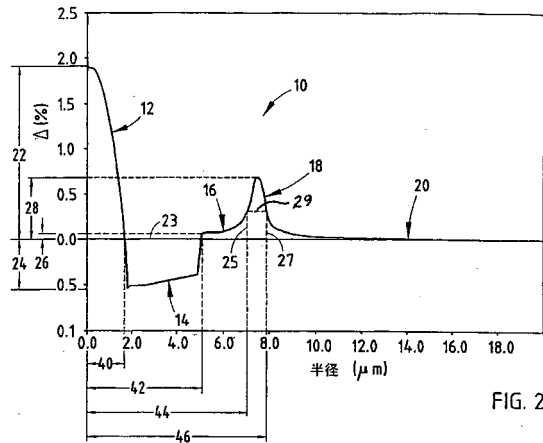


FIG. 2

【図 4】

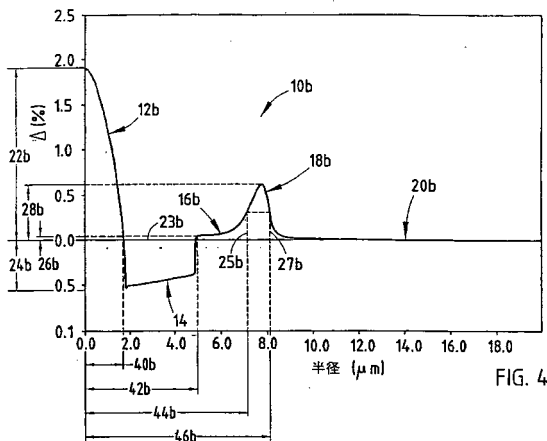


FIG. 4

【図 5】

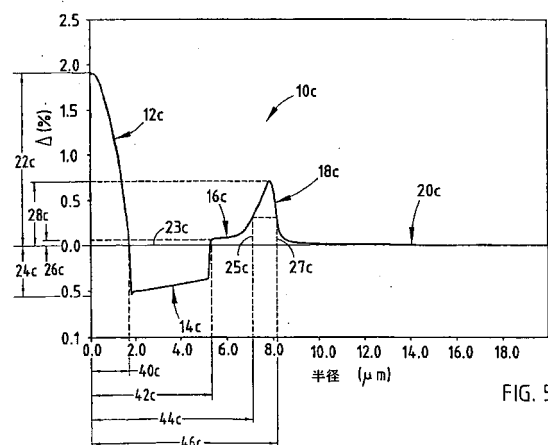


FIG. 5

【図 6】

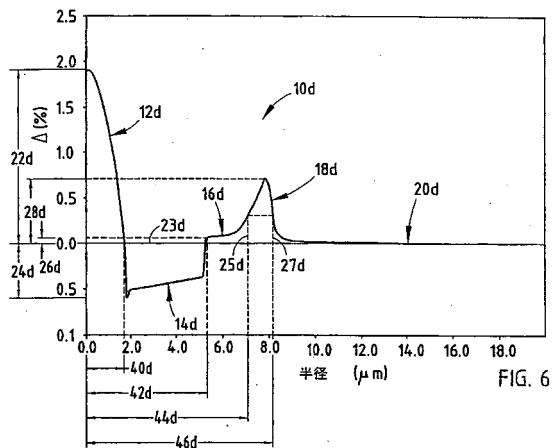


FIG. 6

【図 7】

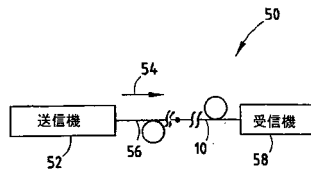


FIG. 7

【手続補正書】

【提出日】平成16年8月24日(2004.8.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

分散補償光ファイバであって、

略1550nmの波長において負の分散と、

略1550nmの波長において負の分散傾斜と、

略1550nmの波長において100以下の値と、

1550nmにおいて-40dB未満のMPIと、を提供するよう選択された相対屈折率プロファイルを有する、ことを特徴とする光ファイバ。

【請求項2】

略1550nmの波長において略-45dB以下のMPIを含むことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項3】

略1550nmの波長において略-50dB以下のMPIを含むことを特徴とする請求項2記載の光ファイバ。

【請求項4】

前記相対屈折率プロファイルは略1550nmの波長において、略-80ps/nm-km乃至略-200ps/nm-kmの範囲内に分散を提供するように選択されている、ことを特徴とする請求項1記載の光ファイバ。

【請求項 5】

前記相対屈折率は略 4.5 乃至略 7.5 の範囲にある 値を提供するように選択されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 6】

相対屈折率を有する中央コアセグメントと、

前記中央コアセグメントの外縁に配されかつ前記中央コアセグメントの前記相対屈折率よりも小なる相対屈折率を有するディプレストモートセグメントと、

前記モートセグメントの外縁に配されかつ前記コアセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記モートセグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する中間セグメントと、

前記中間セグメントの外縁に配されかつ前記中央コアセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記中間セグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有する環状のリングセグメントと、

前記環状のリングセグメントの外縁に配されかつ前記リングセグメントの前記相対屈折率よりも小でありかつ前記モートセグメントの前記相対屈折率よりも大なる相対屈折率を有するクラッド層と、を含むことを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【請求項 7】

前記中央コアセグメントの前記相対屈折率は略 1.51% 乃至略 2.27% の範囲にあることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ。

【請求項 8】

前記ディプレストモートセグメントの前記相対屈折率は略 -0.42% よりも負であることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ。

【請求項 9】

前記中央コアセグメントは略 1.4 μm 乃至略 2.1 μm の範囲にある外側半径を有することを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ。

【請求項 10】

前記ディプレストモートセグメントは略 4.1 μm 乃至略 6.8 μm の範囲にある外側半径を有することを特徴とする請求項 9 記載の光ファイバ。

【請求項 11】

前記コアセグメントの外側半径対前記モートセグメントの外側半径の比が略 0.28 乃至略 0.34 の範囲にあることを特徴とする請求項 6 記載の光ファイバ。

【請求項 12】

前記屈折率は $LP_{0,2}$ および $LP_{1,1}$ モードに対して略 1975 nm 未満のカットオフ波長を提供するように選択されていることを特徴とする請求項 1 記載の光ファイバ。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 02/38505
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G02B6/16		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 00 67053 A (CORNING INC) 9 November 2000 (2000-11-09) abstract; figures 5A,5B,5C page 18, line 1 -page 19, line 10 ---	1-8,17, 18
X	WO 01 71391 A (CORNING INC) 27 September 2001 (2001-09-27) abstract; figures 1,2,7 page 3, line 12 - line 23 page 9; table 1 page 10; table 2 page 12; tables 3,4 ---	1-8,17, 18
X	WO 01 92931 A (CORNING INC) 6 December 2001 (2001-12-06) abstract; figures 1-7,9,11-16 page 12; tables 1,2 page 14; tables 3,4 ---	1-8,17, 18
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 June 2003		Date of mailing of the international search report 03/07/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Jakober, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US 02/38505

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 01 73486 A (CORNING INC) 4 October 2001 (2001-10-04) abstract; figures 1-4,12 page 11 -page 15; examples 1-4 -----	1-8,17, 18
A	WO 00 51269 A (LASERCOMM INC) 31 August 2000 (2000-08-31) abstract page 7, line 19 - line 24 page 11, line 5 - line 11 -----	1-3,18
A	US 6 327 403 B1 (ROSENBLIT MICHAEL ET AL) 4 December 2001 (2001-12-04) abstract column 1, line 54 - line 60 -----	1-3,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

Intel ☐ **Original Application No**
PCT/US 02/38505

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0067053	A	09-11-2000	AU 4486600 A BR 0010173 A CA 2370448 A1 CN 1349615 T EP 1175632 A1 JP 2002543464 T WO 0067053 A1	17-11-2000 15-01-2002 09-11-2000 15-05-2002 30-01-2002 17-12-2002 09-11-2000
WO 0171391	A	27-09-2001	AU 6655501 A EP 1266252 A2 WO 0171391 A2 US 2003021563 A1 US 2002012510 A1	03-10-2001 18-12-2002 27-09-2001 30-01-2003 31-01-2002
WO 0192931	A	06-12-2001	AU 6971801 A BR 0111225 A EP 1287391 A2 WO 0192931 A2 US 2002028051 A1	11-12-2001 18-03-2003 05-03-2003 06-12-2001 07-03-2002
WO 0173486	A	04-10-2001	AU 7480301 A EP 1269233 A2 WO 0173486 A2 US 2003021561 A1	08-10-2001 02-01-2003 04-10-2001 30-01-2003
WO 0051269	A	31-08-2000	US 6360045 B1 US 6418256 B1 AU 3240100 A AU 3860200 A WO 0051268 A1 WO 0051269 A1	19-03-2002 09-07-2002 14-09-2000 14-09-2000 31-08-2000 31-08-2000
US 6327403	B1	04-12-2001	AU 5471400 A EP 1185895 A1 WO 0077549 A1 US 6434311 B1	02-01-2001 13-03-2002 21-12-2000 13-08-2002

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SI,SK,TR),AE,A
G,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU
,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,
SC,SD,SE,SG,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

Fターム(参考) 2H050 AC15 AC38 AC71 AC73 AC75 AC76 AD00