

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4565442号
(P4565442)

(45) 発行日 平成22年10月20日(2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月13日(2010.8.13)

(51) Int. Cl.	F I		
HO4B 10/02 (2006.01)	HO4B	9/00	M
HO4B 10/18 (2006.01)	HO4B	9/00	Q
HO4B 10/12 (2006.01)	GO2B	6/10	C
HO4B 10/13 (2006.01)			
HO4B 10/135 (2006.01)			

請求項の数 8 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-577296 (P2002-577296)	(73) 特許権者	397068274
(86) (22) 出願日	平成14年1月31日(2002.1.31)		コーニング インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2004-530345 (P2004-530345A)		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
(43) 公表日	平成16年9月30日(2004.9.30)		31 コーニング リヴァーフロント プ
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/002880		ラザ 1
(87) 国際公開番号	W02002/080410	(74) 代理人	100079119
(87) 国際公開日	平成14年10月10日(2002.10.10)		弁理士 藤村 元彦
審査請求日	平成17年1月17日(2005.1.17)	(72) 発明者	コンラディ ジャン
(31) 優先権主張番号	60/280,200		アメリカ合衆国 ニューヨーク州 148
(32) 優先日	平成13年3月30日(2001.3.30)		30 コーニング フォレストヒルドライ
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	ブ 2832
			スリカント ヴィー.
			アメリカ合衆国 イリノイ州 60202
			エヴァンストン ヒンマンアベニュー
			643 アpartment 2S
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送線及びこれを用いた光伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光信号を導波し且つ 1550 nm の波長で約 60 nm 以上である分散スロープに対する分散の第1比率 を有する第1ファイバ(12)と、

前記光信号を導波し且つ 1550 nm の波長で 100 nm 以上である分散スロープに対する分散の第2比率 を有する 補償ファイバ(14)と、

前記光信号を導波し且つ 1550 nm の波長で 60 nm 以上である分散スロープに対する分散の第3比率 を有する分散補償ファイバ(16)と、を含む光信号伝線であって、

前記第1ファイバー、前記 補償ファイバ、及び前記分散補償ファイバは光学接続されており、全分散及び全分散スロープを与え、

前記光信号伝送線の前記全分散が 1550 nm の波長で約 2.0 ps/km-nm 全分散 - 2.0 ps/km-nm の範囲内にあり、前記光信号伝送線の前記全分散スロープが 1550 nm の波長で約 $0.02\text{ ps/nm}^2\text{-km}$ 全分散 - $0.02\text{ ps/nm}^2\text{-km}$ の範囲内となるように前記第1比率、前記第2比率、及び前記第3比率 が選択され、

前記 補償ファイバの長さは前記光信号伝線の全長の 13% から 24% の間にあり、前記分散補償ファイバの長さは前記光信号伝線の前記全長の 4% から 7% の間にあることを特徴とする光信号伝線。

【請求項2】

10

20

前記 補償ファイバの前記第2比率 は1550nmの波長で約200nm以上であることを特徴とする請求項1に記載の光信号伝線。

【請求項3】

前記分散補償ファイバの前記第3比率 は1550nmの波長で約70nm以上であることを特徴とする請求項1乃至2に記載の光信号伝線。

【請求項4】

前記 補償ファイバの前記第2比率 は1550nmの波長で約300nmであることを特徴とする請求項1乃至3に記載の光信号伝線。

【請求項5】

前記分散補償ファイバの前記第3比率 は1550nmの波長で約75nmであることを特徴とする請求項1乃至4に記載の光信号伝線。

10

【請求項6】

前記第1ファイバは約50 μm^2 以上の実効断面積を有することを特徴とする請求項1乃至5に記載の光信号伝送線。

【請求項7】

前記第1ファイバは約60 μm^2 以上の実効断面積を有することを特徴とする請求項1乃至5に記載の光信号伝送線。

【請求項8】

前記第1ファイバは約65 μm^2 以上の実効断面積を有することを特徴とする請求項1乃至5に記載の光信号伝送線。

20

【発明の詳細な説明】

【関連出願についてのクロス・リファレンス】

【0001】

本願は、2001年3月30日出願の米国特許法第119(e)の仮出願第60/280,200号の優先権の利益を請求する。

【技術分野】

【0002】

本発明は、通信システムに使用される分散補償ファイバに関し、詳細には、非ゼロ分散シフトファイバの分散及び分散スロープを補償するための光ファイバに関する。

【背景技術】

30

【0003】

より高いビット伝送速度に対する需要の増加によって、分散の影響を制御し得る光伝送システムへの大きな需要が引き起こされた。一般的な光伝送システムの線形分析によれば、これら光伝送システムは10Gbit/秒で約1,000ps/nmの残余分散を許容することができるが、40Gbit/秒では約62ps/nmの残余分散を許容するに過ぎない。したがって、高いビット速度の伝送システム内で正確に分散を制御することが重要であり、かかる制御は転送速度の上昇とともに、ますます重要になることは明らかである。更に、正確な分散制御の必要性から、転送速度が40Gbit/秒に近づくにつれて伝送ファイバの分散スロープも補償されなければならないのである。

【0004】

40

これに対して、さまざまな解決案が非ゼロ分散シフトファイバを補償するために必要とされる低分散且つ低分散スロープ値を達成するために提案されてきた。これらには、光学結晶ファイバ、高次分散補償、分散補償グレーティング及びデュアルファイバ分散補償法が含まれる。これらの各解決案は、固有の重大な欠点を有する。

【0005】

光学結晶ファイバは、非ゼロ分散シフトファイバを補償するために必要とされるファイバと同様に、大なる負の分散及び負の分散スロープを有するように設計されている。しかしながら、これら光学結晶ファイバは、約10 μm^2 以下の相対的に小なる実効断面積であって容認できない高いスプライズ損失を生じる、という欠点を有する。故に、スプライズ損失を減じるための伝送ファイバを用いる必要がある。加えて、光学結晶ファイバの本質的

50

性質、すなわちファイバのコアのガラス/空気界面に関連した減衰は、1380nmの水ピークの残余吸収のため、関心の伝送ウインドウにおいて容認できないのである。更に、この光学結晶ファイバは、大規模に製造するのは非常に困難であって、高価である。

【0006】

高次の分散補償は、マルチモードファイバの高次モードの分散性質に依存する。高次モード、例えばLP02及びLP11では、基本モードよりも大なる負の分散及び分散スロープを有することが確認された。高次の分散補償は、典型的には、モードコンバータを経て1つの高次モードへの伝送基本モードのコンバージョンに依存する。その後、高次モードは、基本モードに加えてそのモードをサポートするファイバ内を伝播する。一定距離の後、高次モードは、第2のモード変換装置を経て基本モードへ戻して結合される。高次分散補償の解決に関連する課題は、効率の悪いモードコンバータ及び基本モードへの接続に対して抵抗となる一方で、高次モード伝送を許容する中間ファイバの製造性の困難性を含む。

10

【0007】

分散補償グレーティングは、チャープ化されたグレーティングを経た必須の差群遅延を達成するために利用される。必要なグレーティング長が大きくなると、これらの技術は一般的には分散及び分散スロープリプルを欠点として有する故に、分散補償グレーティングを利用した技術は、狭帯域の用途にのみ役立つとされる。

【0008】

非ゼロ分散シフトファイバの二重ファイバ分散補償による解決法は、分散補償及び分散スロープ補償が切り離されて別個に解決される点において、上記した分散補償グレーティング技術と同様である。一般的に、二重ファイバ分散補償技術は、分散スロープ補償ファイバに接続される分散補償ファイバの使用を含む。この種の解決案は、比較的小なる分散スロープを補償する分散スロープ補償ファイバの使用を必要とする。光ファイバの詳細にわたる分布モデリングは、分散スロープ、実効断面積及び曲げ感受性の間の相関を良く反映した結果となった。所与のファイバの導波路分散によって演じられる役割を増やすことによって、スロープを減少させることが可能であって、場合によっては負のスロープを生じ得る。しかしながら、実効断面積が減少するにつれ、ファイバの曲げ感受性が増加する。ファイバの実効断面積は、曲げ感受性の更なる低下の代価として増加し得る。分散スロープを減少させるか若しくは分散スロープを負にすることは、基本モードのカットオフ波長の非常に近くで動作するようになり、それと共に曲げ感受性の強いファイバとなり、また長波長、すなわち1560 μm よりも大なる波長でより大なる信号損失となる。これらの関係の結果として、2本のファイバ分散及び分散スロープ補償解決案として使用可能な分散補償ファイバを製造することは極めて困難なのである。

20

30

【0009】

ここまで、分散を減じる若しくは排除するために利用できる最も現実的な幅広いバンドを有する商用技術は、分散補償ファイバモジュールであった。高密度波長分割多重化装置が16、32、40及びより多くのチャネルまで増加するにつれて、ブロードバンド分散補償製品は必要とされた。通信システムは、現在利用可能な効率的で信頼性の高いエルビウム添加ファイバ増幅器を利用するために、1550nm近傍の波長で信号の伝送が可能となるように設計されたシングルモード光ファイバを含む。このようなファイバは、ニューヨーク州コーニングのコーニング社で製造・販売されているLEAF(登録商標)光ファイバである。LEAFファイバは、従来のシングルモードファイバよりも本質的に低い分散であって且つ経済的にも優れる故に多くの新規なシステムに選択されてきた正の分散の非ゼロ分散シフトファイバである。

40

【0010】

40Gbit/秒よりも大の高いビット速度での情報転送や、長さ100kmよりも大なるシステムでの超長距離システムや光ネットワークへの興味と共に、非ゼロ分散シフトファイバ上でデータを運ぶネットワークにおいて分散補償ファイバを使用することが不可欠になった。非ゼロ分散シフトファイバと分散補償ファイバの初期の組合せでは、同一波長での

50

み実質的に分散を補償していた。しかしながら、より高いビット速度、より長い到達距離及びより広いバンド幅は分散スロープがより正確に補償されることを要求した。したがって、分散及び分散スロープが補償されることを必要とする伝送ファイバの分散及び分散スロープに合致するように、分散補償ファイバが分散特性を有することが好ましい。上記した特性にマッチした分散及び分散スロープは、また、多数の分散補償ファイバシステムを表す。

【 0 0 1 1 】

したがって、1550nm周辺で広い波長バンドに亘って、非ゼロ分散シフトファイバ及び他の正の分散光ファイバの分散を補償する能力を有する他の分散補償装置を開発することが望まれた。

【 発明の開示 】

【 課題解決のための手段 】

【 0 0 1 2 】

本発明は非ゼロ分散シフトファイバの分散及び分散スロープを補償する装置に関する。本願明細書において開示される方法と装置は、非ゼロ分散シフトファイバの分散及び分散スロープの正確且つ完全な補償を可能にする。

【 0 0 1 3 】

本発明の1つの特徴は、第1のカッパ値()、すなわち1550nm波長で分散スロープに対する分散の比率を有し光信号を導く第1ファイバと、1550nm波長で約100nm以下の第2の値を有し光信号を導く第2ファイバと、第2ファイバの全分散及び分散スロープに第1ファイバの全分散及び分散スロープを整合させた第3の値を有し光信号を導く補償ファイバと、を含む光伝送線に関する。好ましくは、第2補償ファイバの値は、1550nm波長で約60nm以上である。第1ファイバ、第2ファイバ及び補償ファイバは光接続されて、これによって約1450nmから1600nmの間の波長バンド内の全分散及び全分散スロープを有する光伝送線を画定する。伝送リンクの全分散が1550nm波長で約-2.0ps/nm-km以上約2.0ps/nm-km以下の範囲内であって、全分散スロープが1550nm波長で約-0.02ps/nm²-km以上約-0.02ps/nm²-km以下の範囲内にあるように第1の値、第2の値及び第3の値が好ましくは変化する

本発明の他の特徴は、値を有し光信号を導く伝送ファイバの分散及び分散スロープを補償するための分散補償モジュールに関する。当該モジュールは、1550nm波長で約100nm以下の値を有する光信号を導く第1補償ファイバと、第2ファイバの全分散及び分散スロープに第1ファイバの全分散及び分散スロープをマッチさせる値を有する光信号を導く第2補償ファイバとを含む。好ましくは、第2補償ファイバの値は、1550nm波長で約60nm以上である。第1及び第2補償ファイバは伝送ファイバと光接続されて、それによって全分散及び全分散スロープを有する光伝送線を画定する。光伝送線の全分散が1550nm波長で約-2.0ps/nm-km以上約2.0ps/nm-km以下の範囲内であって、光伝送線の全分散スロープが1550nm波長で約-0.02ps/nm²-km以上約0.02ps/nm²-km以下の範囲内にあるように、第1補償ファイバの値及び第2補償ファイバの値は伝送ファイバの値と好ましくは変化する。

【 0 0 1 4 】

本発明は更に上記した実施例による分散補償ファイバ及びモジュールを使用した光通信システムを含む。

【 0 0 1 5 】

本発明は、正確且つ完全に分散及び分散スロープを補償するための直ちに利用できる導波路光ファイバを利用する。これにより、高コストの補償材料及び部品の必要性、及び/又は、製造が困難であって高価な且つ重大な信号損失を与える補償ファイバを必然的に使わざるを得なくなることを除去する。

【 0 0 1 6 】

本発明の追加の特徴及び効果は後述するが、当業者であればこれらの記載から明らかであろうが、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された本発明を実

10

20

30

40

50

施することによっても認識されるであろう。

【0017】

前述の説明は、本発明の典型例にすぎず、特許請求の範囲に定義された発明の性質及び特徴の理解のための概要を与えることを意図していることを理解されるであろう。添付の図面は、本発明の更なる理解を提供するために含まれており、取り入れられて、本明細書の一部を構成する。図面は、本発明のさまざまな特徴及び実施例を示し、発明の詳細な説明の記載とともに本発明の原理及び動作の説明を与える。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本明細書の目的において、本発明は明白に反対のものとして指定された場合を除き、さまざまな他のオリエンテーション及びステップシーケンスを仮定し得ることを理解されるであろう。添付の図面において示され且つ詳細な説明に記載された特定の装置及び方法は、添付の特許請求の範囲に定義される発明の概念の典型的な実施例であることを理解されるであろう。特許請求の範囲の記載が明白に他であることを述べていない限り、本願明細書において開示された実施例に関する特定の寸法及び他の物理的な特性はこれを制限する様には考慮されない。

10

【定義】

【0019】

以下の定義および術語は、従来技術においても共通して使われている。

【0020】

完全に伝送ファイバの分散を補償する伝送ファイバ及び分散補償ファイバとの関係は、以下の一般的な式に従う。

20

【0021】

【数1】

$$D_{DC}(\lambda_C)L_{DC} = -D_T(\lambda_C)L_T \quad (1)$$

【0022】

ここで、 $D_{DC}(\lambda_C)$ は分散補償ファイバの分散、 L_{DC} は分散補償ファイバの長さ、 $D_T(\lambda_C)$ は伝送ファイバの分散、 λ_C は光伝送バンドの中心波長、 L_T は伝送ファイバの長さである。分散補償ファイバ及び伝送ファイバの間の分散の所望とされる関係は、多数の補償ファイバから形成される分散補償ファイバにとって有効である。

30

【0023】

伝送線の光ファイバの分散値の所望の関係は以下の如きである。

【0024】

【数2】

$$\kappa_{DC}(\lambda_C) = \frac{D_{DC}}{S_{DC}} = \kappa_T(\lambda_T) = \frac{D_T}{S_T} \quad (2)$$

40

【0025】

ここで、 $D_{DC}(\lambda_C)$ は分散補償ファイバの分散値、 D_{DC} は分散補償ファイバの分散、 S_{DC} は分散補償ファイバの分散スロープ、 $D_T(\lambda_T)$ は伝送ファイバの分散値、 D_T は伝送ファイバの分散であって、 S_T は伝送ファイバの分散スロープである。2つ以上の補償ファイバが使用されるときに、分散値、分散及び分散スロープの間の関係も要求される。

【0026】

2ファイバ補償スキームにおいて、分散値、分散値及び分散スロープ値の間の所望の関係が以下の式によって定義される。

50

【 0 0 2 7 】

【数 3】

$$\frac{\kappa_{SC}}{\kappa_T} = \frac{1 + X/\kappa_T}{1 + Y} \quad (3)$$

【 0 0 2 8 】

【数 4】

$$X = \frac{L_{FC} D_{FC}}{L_T S_T} \quad (4)$$

10

【 0 0 2 9 】

【数 5】

$$Y = \frac{L_{FC} S_{FC}}{L_T S_T} \quad (5)$$

【 0 0 3 0 】

ここで、 κ_{SC} は分散補償ファイバの値、 κ_T は伝送ファイバの値、 L_{FC} はカップ補償ファイバの長さ、 D_{FC} はカップ補償ファイバの分散、 L_T は伝送ファイバの長さ、 S_T は伝送ファイバの分散スロープである。

20

【 0 0 3 1 】

まず、図1を参照して本発明による光信号伝送線10の実施例が示される。光信号伝送線10は、矢印13によって示される方向において光信号を導くようになされた伝送ファイバ12を含み、第1の値を有する。光信号伝送線10はまた、光信号13を導くようになされた第1カップ補償ファイバ14を含み、1550nm波長で約100nm以下の第2の値を有する。伝送線10は、光信号13を導くようになされた分散補償ファイバ16を更に含み、1550nm波長で約60nm以上の第3の値を有する。伝送ファイバ12、カップ補償ファイバ14及び分散補償ファイバ16は互いに光接続され、それによって全分散及び全分散スロープを有する光信号伝送線10を画定する。動作時に、伝送線10の全体の分散が約2.0ps/nm-km以下-2.0ps/nm-km以上の範囲内であって、伝送線10の全分散スロープは、約0.02ps/nm²-km以下-0.02ps/nm²-km以上の範囲内にあるように、伝送ファイバ12の第1の値、カップ補償ファイバ14の第2の値及び分散補償ファイバ16の第3の値が共動する。

30

【 0 0 3 2 】

上記の如く、過去に提案された2ファイバ分散補償法は、第2の分散スロープ補償ファイバに第1の分散補償ファイバを接合することに基づいていた。しかしながら、これらの方法は、一般的に第2分散ファイバが比較的低い値、例えば50nm未満の値を有することを必要とする。100nm未満の値を有する特定の光ファイバの製造は、値が減少するにつれて困難となる。

40

【 0 0 3 3 】

本方法は、少なくとも2つの連続したステップで、値を補償する補償ファイバを利用する。式3乃至5を参照するとカップ補償ファイバ14は伝送ファイバ12の第1の値を増加させて有効となる。これによりかかる値が製造するのがより簡単である他の補償ファイバによって補償され得る。これは、分散補償ファイバ16の値は式3の伝送ファイバ12の値よりも大きくなければならないことを意味する。その結果として、カップ補償ファイバ14の分散及び分散スロープが特定の状況を満たすように、変数X及びYは特定の状況を満たさなければならない。表1は、正の分散及び正の分散スロープを有するカップ補償ファイバ14、負の分散及び負の分散スロープを有するカップ補償ファイバ14、正の分散及び負の分散スロープを有するカップ補償ファイバ14、及び、負の分散及び正の分散スロー

50

プを有するカップ補償ファイバ14の4つの場合を示す。これらの4つの場合の結果は以下の表1に示す。ここで、 s_c は分散補償ファイバ16の値、 τ は伝送ファイバ12の値、 f_c はカップ補償ファイバ14の値である。

【0034】

【表1】

	ケース I +D/+S	ケース II -D/-S	ケース III -D/+S	ケース IV +D/-S
$K_{SC} > K_T$	$K_{FC} > K_T$	$K_{FC} < K_T$	効果なし	常に
$K_{SC} < K_T$	$K_{FC} < K_T$	$K_{FC} > K_T$	常に	効果なし

10

表1において、カップ補償ファイバ14がケースIIIに挙げられた特性を有する場合、伝送線10内に含まれるカップ補償ファイバ14を有する効果がないことを示す。同様に、 τ よりも大なる s_c の解決が単一のファイバ分散及び分散スロープ補償に導かれる場合、ケースIIのファイバは除かれる。上記した如く、不可能でないとしても、十分に分散及び分散スロープを補償するのに適した光ファイバを製造することは多くの場合、困難なのである。最も好ましい補償ファイバは、出来るだけ高い負の分散スロープと高い正の分散値を有しているべきであることをケースI及びケースIVのファイバの評価において注意されたい。これは、ケースIVに適合した補償ファイバがケースIに適合した補償ファイバよりも優れることを意味する。しかしながら、低い正のスロープ及び大なる負のスロープを達成するためには、導波路分散が利用されなければならない、単一モード・ファイバの分散未満である分散値を結果として生ずる。したがって、カップ補償ファイバ14は、上記の如きケースIの必要条件を満たさなければならない、正分散及び正分散スロープを有しなければならない。

20

【実施例】

【0035】

図1を参照して、光信号伝送線10に用いられる1つの適切なファイバ12は、大なる実効断面積の導波路光ファイバである。これは、例えば、米国特許第5,835,655号「大なる実効断面積の導波路」及び1998年9月11日出願の米国仮出願第60/099,979号の利益を請求された1999年8月13日出願の第09/373,944号「正分散・低分散勾配ファイバ」に開示される。これら両方とも、すべて引用により本願明細書に包含されたものとする。適切な大きさの実効断面積の屈折率分布が図2に示されている。好ましいファイバはニューヨーク州のコーニング社によって製造されているLEAF(登録商標)導波路光ファイバである。LEAFファイバの光学的特性及び性質のいくつかを表2に示す。

30

【0036】

【表2】

コーニング社 LEAF ファイバの光学特性

分散(1550nm)	4 ps/nm-km
分散スロープ(1550nm)	0.08 ps/nm ² -km
κ (1550nm)	50 nm
ゼロ分散波長	1489 nm-1507 nm
モードフィールド径	9.2 μ m -10.0 μ m

40

伝送ファイバ12は、好ましくは1550nmで好ましくは約2ps/nm-kmから約8ps/nm-kmの間の正の分散、0.15ps/nm²-kmよりも小、より好ましくは0.10ps/nm²-kmよりも小なる分散スロー

50

ブ、 $60 \mu\text{m}^2$ を超える、より好ましくは $65 \mu\text{m}^2$ を超える、最も好ましくは $70 \mu\text{m}^2$ を超える実効断面積を有する。LEAFファイバは、約 $72 \mu\text{m}^2$ の大なる実効断面積を有し、高いパワーハンドリング能、高い光学S/N比、長いアンブ間隔及び最大密度波長分割多重化チャネルプランの柔軟性を提供する。LEAFファイバの大なる実効断面積も、非線形性の影響を一律に減じる能力を提供する。本願明細書において開示される分散補償ファイバは、非ゼロ分散シフトファイバ、特にLEAFファイバの分散を補償する能力において例外的である。

【0037】

本実施例において、カップ補償ファイバ14はSMF-28ファイバである。当該ファイバは、ニューヨーク州コーニングのコーニング社で製造され、入手可能である。SMF-28ファイバの光学的特性及び性質のいくつかが表3の一覧に示される。

【0038】

【表3】

コーニング社 SMF-28 ファイバの光学特性

分散(1550nm)	17 ps/nm-km
分散スロープ(1550nm)	0.056 ps/nm ² -km
κ (1550nm)	303.57 nm
ゼロ分散波長	1301.5 nm-1321.5 nm
モードフィールド径	9.6 μm -12.2 μm

加えて、SMF-28ファイバの屈折率分布は、図3において示される。式1にLEAF及びSMF-28ファイバの関連した分散及び分散スロープ値を導入して、100kmの伝送ファイバ12のスパンと、長さ約10km以下のカップ補償ファイバ14とを仮定すると、1.332の強化項(s_c/τ_1)が算出される。基準点として1.332を使用して、式1を式2に書き直すことができる。これにより、他の補償ファイバの分散及び分散スロープを関連づける。この $1.665 S_{FC} + 0.332 = 0.025 D_{FC}$ が図4においてプロットされる。我々は曲がり感度、製造容易性及びファイバ性能における信頼性を犠牲にすることなしに図4に示される曲線よりも高い分散及び分散スロープ値を達成することは困難であることを見出した。

【0039】

例えば、分散補償ファイバ16は、2000年3月24日出願の米国仮出願第60/192,056号及び2000年4月12日出願の第60/196,437号の優先権の利益を請求された2001年3月9日出願の米国特許出願第09/802,696号「分散補償光ファイバ」に開示されたものから選択されたファイバであってもよい。これらは引用により本願明細書に完全に包含されるものとする。

【0040】

これらのファイバのうちの特に好ましい1つの光学的性質が表4に記載される。このファイバは、 $r_1 = 1.8\%$ 、 $r_1 = 1.8 \mu\text{m}$ 、 $r_2 = -0.69\%$ 、 $r_2 = 5 \mu\text{m}$ 及び環状リングのピーク高さ $r_3 = 0.7\%$ とを有し、中心ピーク半径 $7.5 \mu\text{m}$ 及び半値高さ幅 $0.9 \mu\text{m}$ とを有する図5に示されるそれと同様の屈折率分布を呈する。

【0041】

【表4】

分散補償ファイバの光学特性

分散(1550nm)	-120 ps/nm-km
分散スロープ(1550nm)	-1.6 ps/nm ² -km
κ (1550nm)	75 nm

図示した実施例において、伝送ファイバ12としてのLEAFファイバは、カップ補償ファイバ14としてSMF-28ファイバに光学的に接続され、続いて、上記した如く、分散補償ファイ

10

20

30

40

50

ファイバ16に光学的に接続されている。この実施例において、LEAFファイバは約50nmの値を有する。一方、SMF-28ファイバは約300nmの値を有する。各ファイバの適当な長さが使用されるときにSMF-28ファイバの値に接続されるLEAFファイバの値は約75nmの値を最終的に与える。他の相対的な長さ及び対応する値が以下に議論される。最終的な値は、約75nmの大きさを有する分散補償ファイバ16の値と接続されて、これによって伝送線10内の分散及び分散スロープの全補償を結果として達成する。好ましくは、全分散スロープが約 $0.02\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ 以下約 $-0.02\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ 以上の範囲内にあると共に、伝送線10の全分散が約 $2.0\text{ps}/\text{nm-km}$ 以下約 $-2.0\text{ps}/\text{nm-km}$ 以上の範囲内となるように、ファイバ12、14及び16の分散特性が選択される。より好ましくは、全分散スロープが約 $0.015\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ 以下約 $-0.015\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ 以上の範囲内にあることがより好ましいと共に、伝送線10の全分散が約 $0.1\text{ps}/\text{nm-km}$ 以下約 $-0.1\text{ps}/\text{nm-km}$ 以上の範囲内となるようにファイバ12、14及び16の分散特性が選択される。最も好ましくは、全分散スロープが約 $0\text{ps}/\text{nm}^2\text{-km}$ であって、伝送線10の全分散が約 $0\text{ps}/\text{nm-km}$ であるようにファイバ12、14及び16の分散特性が選択される。

【0042】

伝送線10の好適な実施例は、約50nmの値を有するLEAFファイバ、約300nmの値を有するSMF-28ファイバ、及び、約75nmの値を有する分散補償ファイバ16を利用するものであるが、必要に応じて添付の特許請求の範囲の他の性質を表示している他のファイバが利用され得ることに留意する必要がある。通常、カップ補償ファイバ14として利用される特定のファイバはできるだけ大なる値を有し、且つ、カップ補償ファイバの分散は正であることが好適である。好ましくは、カップ補償ファイバ14は100nm以上、より好ましくは200nmを超える値を有しなければならない。最も好ましくは、カップ補償ファイバ14は300nm以上の値を有しなければならない。

【0043】

伝送ファイバ12、カップ補償ファイバ14及び分散補償ファイバ16の値は変化するとともに、それらの長さもまた、分散及び分散スロープ補償を最大にするために変化することにも注意されたい。分散補償ファイバ16のいくつかの値、伝送ファイバ12、カップ補償ファイバ14及び分散補償ファイバ16の対応する長さが以下の表5に示される。

【0044】

【表5】

分散補償ファイバの κ (nm)	60	70	75	80	85
分散補償ファイバの長さ(km)	4.394	6.272	4.517	5.071	4.604
SMF-28のファイバの長さ(km)	11.868	16.741	18.598	20.913	24.445
LEAFファイバの長さ(km)	75	75	75	75	75

本実施例において、LEAFファイバの長さは好ましくは伝送線10の全長の72%から83%の間であって、SMF-28ファイバの長さは好ましくは伝送線10の全長の4%から7%の間であって、分散補償ファイバの長さは伝送線10の全長の13%から24%の間である。より好ましくは、LEAFファイバの長さは伝送線10の全長の約76%であって、SMF-28ファイバの長さは伝送線10の全長の約4.6%であって、分散補償ファイバの長さは伝送線10の全長の約19.0%である。

【0045】

図6に示すように、本発明による構成及び製造された光信号伝送線10は、光通信システム20で使用される。システム20は、光信号送信機22及び光信号受信機24を含み、送信機22が伝送線10を介して受信機24に光信号13を送る。

【0046】

図7に示すように、カップ補償ファイバ14及び分散補償ファイバ16は、本発明により好適に製造され且つ構成されて、分散補償モジュール26内で利用される。モジュール26は、四角形の箱、後部壁32及び前部壁34を形成している複数の側壁30を有するハウジング28を含む。モジュール26はまた、後部壁32から前方へ伸びている中央に配置された円筒ハブ

36を含む。モジュール26は、ハウジング28内に収容されて、且つ、ハブ36の周囲に巻きつけられた銅補償ファイバ14及びノ又は分散補償ファイバ16を更に含み、光伝送システムに容易に挿入されて接続できるように最適化され、これに関連する値を補償する。図8は、光通信システム20内で使用されるモジュール26である。

【0047】

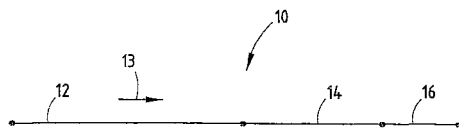
本願明細書中に記載された本発明の好適な実施例についての多様なモディフィケーションが添付の特許請求の範囲に記載された本発明の精神及び観点から逸脱することなくなされ得ることは当業者であれば明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

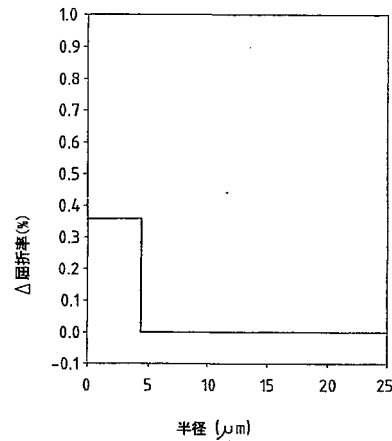
【0048】

- 【図1】本発明を実施するための光信号伝送線の図である。
- 【図2】LEAF光導波路ファイバの屈折率分布の図である。
- 【図3】SMF-28光導波路ファイバの屈折率分布の図である。
- 【図4】分散補償ファイバの分散スロープに対する分散のグラフである。
- 【図5】分散補償ファイバの屈折率分布の図である。
- 【図6】光信号伝送線を使用したファイバ光通信システムの図である。
- 【図7】分散補償モジュールの斜視図及び内部を示す切欠図である。
- 【図8】モジュールを使用したファイバ光通信システムの図である。

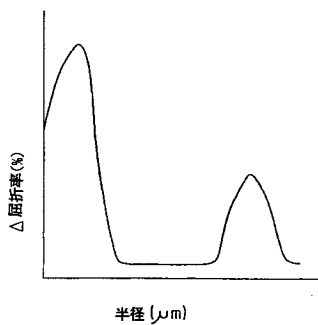
【図1】



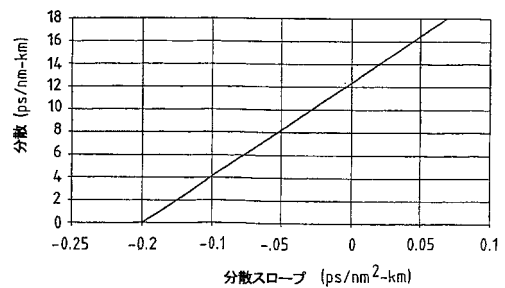
【図3】



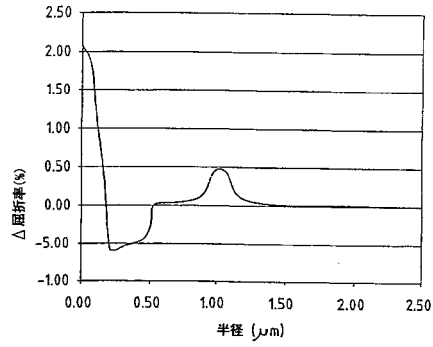
【図2】



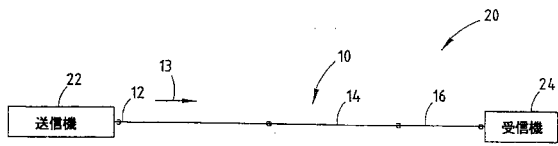
【図4】



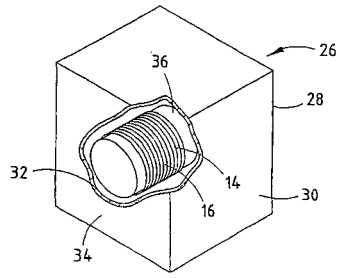
【図5】



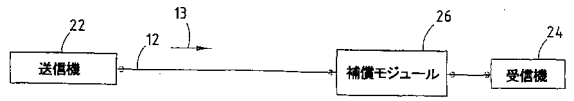
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 4 B 10/14 (2006.01)

G 0 2 B 6/02 (2006.01)

(72)発明者 テン セルゲイ ワイ .

アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 4 8 4 5 ホースヘッズ パーリントンロード 3 4

審査官 工藤 一光

(56)参考文献 特開平09-023187(JP,A)
特開平11-218632(JP,A)
国際公開第99/042869(WO,A1)
国際公開第01/022134(WO,A1)
特開2000-174700(JP,A)
特開平11-308170(JP,A)
特開平11-084158(JP,A)
国際公開第01/006682(WO,A1)
特開2000-162462(JP,A)
国際公開第00/070378(WO,A1)
国際公開第01/014917(WO,A1)
特表2003-521855(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08

G02B6/10-6/14