

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成18年4月20日(2006.4.20)

【公開番号】特開2000-137130(P2000-137130A)

【公開日】平成12年5月16日(2000.5.16)

【出願番号】特願平11-219059

【国際特許分類】

G 02 B 6/028 (2006.01)

G 02 B 6/036 (2006.01)

【F I】

G 02 B 6/18

G 02 B 6/22

【手続補正書】

【提出日】平成18年3月7日(2006.3.7)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも2つのセグメントを有するセグメントコアと、前記セグメントコアに隣接してこれを包囲し且つ屈折率 n_c を有するクラッド層と、からなるシングルモード光導波路ファイバであって、

前記セグメントの各々は、セグメント数を*i*とすると、半径 r_i 、屈折率分布型及び正の相対屈折率パーセント $\epsilon_i\%$ を有しており、

前記 r_i 、前記 $\epsilon_i\%$ 及び前記屈折率分布型は、

1550nmで0.25dB/km以下の減衰と、

約1565nmから1600nmの範囲内にある零分散波長と、

1560nmで約-3.5から-0.5ps/nm-kmの範囲内にある全分散と、

1550nmで60μm²よりも大きい有効面積と、

ケーブルを形成したときに約1285nmから1500nmの範囲内にあるカットオフ周波数と、を与えるように選択されることを特徴とするシングルモード光導波路ファイバ。

【請求項2】すべての前記セグメントの前記屈折率分布型は、分布、ステップ屈折率分布、丸められた角部を有する丸めステップ屈折率分布及び台形屈折率分布からなるグループから選択されることを特徴とする請求項1記載のシングルモードモード光ファイバ。

【請求項3】前記コアは、中心線及び少なくとも3つのセグメントを有し、

第1のセグメントは、前記中心線近傍を起点として且つ ϵ_1 が約1である分布を有し、

第2のセグメントは、前記第1のセグメントと隣接しており且つステップ屈折率分布を有し、

第3のセグメントは、前記第2のセグメントと隣接しており且つ丸めステップ屈折率分布を有していることを特徴とする請求項2記載のシングルモード光ファイバ。

【請求項4】偏波モード分散は、約0.08ps/(km)^{1/2}以下であることを特徴とする請求項1又は2記載のシングルモード光ファイバ。

【請求項5】前記コアは3つのセグメントからなり、

第1のセグメントは、約0.75から1.25の範囲内にある $\epsilon_1\%$ を有し、半径 r_1 は、約1.5から4.0μmの範囲内にあって、

第2のセグメントは、約0.00から0.15%の範囲内にある₂%を有し、

第3のセグメントは、約0.2から0.7の範囲内にある₃%を有し且つ半値半径 r_3 は、4から8μmの範囲内にあって且つ幅は、約0.5から3μmの範囲内にある、ことを特徴とする請求項3記載のシングルモード光ファイバ。

【請求項6】 前記コアは3つのセグメントからなり、

第1のセグメントは、約0.85から1.20の範囲内にある₁%を有し且つ半径 r_1 は、約2.0から3.5μmの範囲内にあって、

第2のセグメントは、約0.00から0.08%の範囲内にある₂%を有し、

第3のセグメントは、約0.3から0.7までの範囲内にある₃%を有し且つ半値半径 r_3 は、約5から7.5μmの範囲内にあって且つ幅は、約0.8から2.0μmの範囲内にある、ことを特徴とする請求項3記載のシングルモード光ファイバ。

【請求項7】 前記コアは3つのセグメントからなり、

第1のセグメントは、約0.95から1.15の範囲内にある₁%を有し且つ半径 r_1 は、約2.5から3.0μmの範囲内にあって、

第2のセグメントは、約0.00から0.04%の範囲内にある₂%を有し、

第3のセグメントは、約0.3から0.7までの範囲内にある₃%を有し且つ半値半径 r_3 は、約5から7.5μmの範囲内にあって且つ幅は、約0.8から2.0μmの範囲内にある、ことを特徴とする請求項3記載のシングルモード光ファイバ。

【請求項8】 前記中心線上には相対屈折率の凹部を含み、前記凹部は、約0.20

%を超えず、₁%よりも小さい逆円錐形状を有し且つ約0.4μmよりも大きくない逆円錐の底辺の半径を有することを特徴とする請求項5乃至7のうちの1に記載のシングルモードモード光ファイバ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、長い中継器間隔を有し且つ高いデータ信号速度を有する長距離通信システムのためのシングルモード光導波路ファイバに関する。特に、本発明によるシングルモード導波路は、曲げ抵抗に優れており、低減衰且つ大きな有効面積 A_{eff} を併せ持つものであって、海底での使用における要求を満たす。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0002

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0002】

【従来の技術】

大きな有効面積を有する導波路は、自己位相変調、四光波混合、クロス位相変調及び非線形散乱プロセスを含む信号のデグラデーションを生じさせ得る非線形光学効果を減じる。一般に、これらの非線形効果の数学的な記述においては、比 P/A_{eff} を含む。ここで、 P は光出力である。例えば、非線形光学効果は、項 $e \times p [P \times L_{eff} / A_{eff}]$ を含む方程式によって記述することができる。ここで、 L_{eff} は、有効長さである。従って、 A_{eff} の増加は、光信号のデグラデーションに対する非線形効果の寄与を減じさせるのである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

他の特定の事項については、屈折率分布の幾何形状における特定の定義には属さない。なお、モデル計算の実行において、これらの定義は、以下に定義するように一貫して用いなければならない。

- 有効面積は、

$$A_{\text{eff}} = 2 \left(E^2 r dr \right)^2 / \left(E^4 r dr \right)$$

であって、ここで、積分範囲は、0から であって、Eは、伝搬光と関連する電界である。有効面積は、波長依存性を有する。有効面積が計算される波長は、導波路ファイバが設計される動作窓の中心近傍の波長である。 A_{eff} 以上の値が、数百ナノメートルのオーダーの範囲に亘って動作する導波路ファイバに割り当てられる。

- 有効直径 D_{eff} は、

$$A_{\text{eff}} = (D_{\text{eff}} / 2)^2$$

と定義される。

- 相対屈折率 % は、方程式

$$\% = 100 \times (n_1^2 - n_2^2) / 2n_1^2$$

によって定義される。ここで、本発明において n_1 は屈折率分布セグメント1の最大屈折率であり、 n_2 はクラッド層の屈折率分布であって相対屈折率である。

- 屈折率分布項または単に屈折率分布は、% または屈折率とコアの選択された部分に亘る半径との間の関係である。

- 分布の項は、(b)% の項で表される屈折率分布に関連し、ここで b は、半径であって、

$$(b)\% = (b_0)\% (1 - |b - b_0| / (b_1 - b_0))$$

で表される。ここで b_0 は、屈折率が最大となる半径位置、 b_1 は (b)% がゼロの位置である。b は、 b_i b_f の範囲にあって、デルタは、上記の如く定義される。 b_i は、分布の初期位置、 b_f は、分布の最終位置、そして、 δ は実数の指数である。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明による新規なシングルモード導波路ファイバは、高性能な長距離通信システムにおける記載の如き必要条件に適合している。

本発明における第1の態様は、少なくとも2つのセグメントに分割されたコアを有するシングルモード光導波路ファイバであって、コアは、クラッドガラス層によって囲まれている。導波路ファイバは、約 1530 nm から 1570 nm の波長範囲に亘って、 $60 \mu\text{m}^2$ よりも大きい有効面積、好ましくは $65 \mu\text{m}^2$ よりも大きい有効面積を有し、1550 nm で 0.25 dB/km 未満の減衰、好ましくは 0.22 dB/km 未満の減衰を有しており、約 1565 nm から 1600 nm の範囲で零分散波長を有し、1560 nm で -0.5 ps/nm-km よりも負の分散を与え、好ましくは約 -2 ps/nm-km の分散を与える分散傾斜を有する。典型的には、この傾斜は、約 0.10 から 0.14 ps/nm²-km である。導波路ファイバの全分散は、1530 nm で約 -7.2 から -3.9 ps/nm-km の範囲である。モードフィールド直径は、1530 nm から 1570 nm の波長範囲に亘って、約 7.9 から 9.75 μm の範囲である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

これらの特性は、優れた曲げ抵抗を維持しており、例えば、約20mmマンドレルに5回巻きしても約5dB/m以下の誘導曲げ損失にすぎない。また、ケーブルを形成した状態でのファイバのカットオフ周波数は、約1285nmから1500nmの範囲に維持される。さらなる利点は、約0.076ps/(km)^{1/2}未満、典型的には約0.04ps/(km)^{1/2}未満の偏波モード分散である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0024】

図2は、さらなる3つのセグメントコア分布8、10及び12を示す。この図において、分布10は所望のファイバ特性を与える。

図4に示される分布は、本発明による屈折率分布を有する導波路ファイバの計測された分布である。表1は、本実施例のコアの屈折率分布パラメータを与える。中心線の拡散は、本設計において補償されている。

表 1

実際の分布	
₁ %	1.15
中心線上の %	0
₂ %	0.05
₃ %	0.5
$r_1 \mu m$	2.5
$r_2 \mu m$	5.5
$w \mu m$ (最外周の環状セグメント)	1

目標として表1のパラメータを使用して製造された多数の導波路ファイバの平均特性値を以下に示す。

- 1550nmで0.204dB/kmの減衰
- モードフィールド直径9.29μm
- 1550nmで70.9μm²の有効面積
- 1576nmの零分散波長
- 1530nmで-5.565ps/nm-kmの全分散
- 1560nmで-1.892ps/nm-kmの全分散
- ケーブルを形成したときに1429.6nmのカットオフ波長
- 0.37ps/(km)^{1/2}の偏波モード分散。