

【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20年4月24日(2008.4.24)

【公開番号】特開2005-266808(P2005-266808A)

【公開日】平成17年9月29日(2005.9.29)

【年通号数】公開・登録公報2005-038

【出願番号】特願2005-68908(P2005-68908)

【国際特許分類】

G 0 2 B 6/036 (2006.01)

【F I】

G 0 2 B 6/22

【手続補正書】

【提出日】平成20年3月6日(2008.3.6)

【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】

中心から周辺まで、可変屈折率プロファイルを有するコア、次いで一定屈折率のクラッドニングを連続して備え、1495nmの波長において、基本モードLP₀₁に加えて、少なくとも1つの高次モードの伝播を可能にする、波長多重化伝送システムのための1460nmから1530nmに及ぶSバンドにおける色分散補償光ファイバであって、コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、一方では、1495nmの波長において、第1に、色分散が-150ps/nm-kmより小さく、第2に、色分散対色分散傾斜比が200nmと300nmとの間にあり、第3に、有効面積が60μm²より大きく、他方では、大域的色分散最小値に対応する波長が1550nmと1600nmとの間にあるように決定される色分散補償光ファイバ。

【請求項 2】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495nmの波長において、色分散が-200ps/nm-kmより小さいように決定されることを特徴とする請求項1に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 3】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495nmの波長において、色分散が-250ps/nm-kmより小さいように決定されることを特徴とする請求項2に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 4】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495nmの波長において、色分散が-300ps/nm-kmより小さいように決定されることを特徴とする請求項3に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 5】

高次モードが、モードLP₀₂であることを特徴とする請求項1から4のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 6】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495nmの波長において、色分散対色分散傾斜比が200nmと250nmとの間にあるように決定されることを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 7】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、有効面積が $70 \mu\text{m}^2$ より大きくなるように決定されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 8】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、有効面積が $80 \mu\text{m}^2$ より大きくなるように決定されることを特徴とする請求項 7 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 9】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、大域的色分散最小値に対応する波長が1570 nmと1590 nmとの間にあるように決定されることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 10】

コアの可変屈折率プロファイルが、中心から周辺まで、
クラッドの屈折率より大きい最大屈折率を有する中心スライスと、
中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第 1 周辺スライスと、
中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第 2 周辺スライスと、
中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第 3 周辺スライスとを連続して備えることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 11】

中心スライスの屈折率とクラッドの屈折率との間の最大屈折率差 (n_1) が、 $20 \cdot 10^{-3}$ と $32 \cdot 10^{-3}$ との間にあり、中心スライスの外半径 (r_1) が、 $3 \mu\text{m}$ と $4.5 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 10 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 12】

ゼロ半径とクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心スライスの部分の半径 (r_1) との間における、クラッドに対する屈折率差の積分

【数 1】

$$(S_{01} = \int_0^{r1} \Delta n(r).dr)$$

の値が、 $100 \cdot 10^{-3}$ と $115 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 10 または 11 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 13】

ゼロ半径とクラッドの屈折率より大きい屈折率を有する中心スライスの部分の半径 (r_1) との間における、クラッドに対する屈折率差と半径との積の積分の 2 倍

【数 2】

$$(T_{01} = 2 \cdot \int_0^{r1} \Delta n(r).r.dr)$$

の値が、 $325 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ と $475 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ との間にあることを特徴とする請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 14】

ゼロ半径と第 2 周辺スライスの半径 (r_3) との間における、クラッドに対する屈折率差と半径との積の積分の 2 倍

【数 3】

$$(T_{03} = 2 \cdot \int_0^{r3} \Delta n(r).r.dr)$$

の値が、 $400 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ と $800 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ との間にあることを特徴とす

る請求項 10 から 13 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 15】

第 1 周辺スライスの屈折率とクラディングの屈折率との屈折率差 (n_2) が、 $-4 \cdot 10^{-3}$ と $5 \cdot 10^{-3}$ との間にあり、第 1 周辺スライスの外半径 (r_2) が、 $5 \mu\text{m}$ と $11 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 10 から 14 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 16】

第 2 周辺スライスの屈折率とクラディングの屈折率との屈折率差 (n_3) が、 $-5 \cdot 10^{-3}$ と $5 \cdot 10^{-3}$ との間にあり、第 2 周辺スライスの外半径 (r_3) が、 $8 \mu\text{m}$ と $15 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 10 から 15 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 17】

第 3 周辺スライスの屈折率とクラディングの屈折率との屈折率差 (n_4) が、 $-5 \cdot 10^{-3}$ と $5 \cdot 10^{-3}$ との間にあり、第 3 周辺スライスの外半径 (r_4) が、 $11 \mu\text{m}$ と $17 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 10 から 16 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 18】

コアの可変屈折率プロファイルが、中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第 4 周辺スライスを備え、前記第 4 周辺スライスが、第 3 周辺スライスの周上に位置することを特徴とする請求項 10 から 17 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 19】

第 4 周辺スライスの屈折率とクラディングの屈折率との屈折率差 (n_5) が、 0 と $10 \cdot 10^{-3}$ との間にあり、第 4 周辺スライスの外半径 (r_5) が、 $14 \mu\text{m}$ と $17 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 18 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 20】

中心から周辺まで、可変屈折率プロファイルを有するコア、次いで一定屈折率のクラディングを連続して備え、基本モード $LP_{0,1}$ に加えて、 1495 nm の波長において、少なくとも 1 つの高次モードの伝播を可能にする波長多重化伝送システムのための 1460 nm から 1530 nm に及ぶ S バンドにおける色分散補償光ファイバであって、コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、一方では、 1495 nm の波長において、第 1 に、色分散が $-150 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$ より小さく、第 2 に、色分散対色分散傾斜比が 130 nm より小さく、第 3 に、有効面積が $50 \mu\text{m}^2$ より大きく、他方では、大域の色分散最小値に対応する波長が 1530 nm と 1580 nm との間にあるように決定される色分散補償光ファイバ。

【請求項 21】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、 1495 nm の波長において、色分散が $-200 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$ より小さくなるように決定されることを特徴とする請求項 20 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 22】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、 1495 nm の波長において、色分散が $-250 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$ より小さくなるように決定されることを特徴とする請求項 21 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 23】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、 1495 nm の波長において、色分散が $-300 \text{ ps/nm} \cdot \text{km}$ より小さくなるように決定されることを特徴とする請求項 22 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 24】

高次モードが、モード $LP_{0,2}$ であることを特徴とする請求項 1 から 23 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 25】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、色分散対色分散傾斜比が90 nmと110 nmとの間にあるように決定されることを特徴とする請求項1から24のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 26】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、有効面積が $65 \mu\text{m}^2$ より大きくなるように決定されることを特徴とする請求項1から25のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 27】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、有効面積が $80 \mu\text{m}^2$ より大きくなるように決定されることを特徴とする請求項26に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 28】

コアの屈折率プロファイルが、前記高次モードでは、1495 nmの波長において、大域的色分散最小値に対応する波長が1540 nmと1560 nmとの間にあるように決定されることを特徴とする請求項1から27のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 29】

コアの可変屈折率プロファイルが、中心から周辺まで、
クラディングの屈折率より大きい最大屈折率を有する中心スライスと、
中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第1周辺スライスと、
中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第2周辺スライスと、
中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第3周辺スライスとを連続して備えることを特徴とする請求項1から28のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 30】

中心スライスの屈折率とクラディングの屈折率との最大屈折率差 (n_1) が、 $15 \cdot 10^{-3}$ と $30 \cdot 10^{-3}$ との間にあり、中心スライスの外半径 (r_1) が、 $3 \cdot 5 \mu\text{m}$ と $5 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項29に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 31】

ゼロ半径とクラディングの屈折率より大きい屈折率を有する中心スライスの部分の半径 (r_1) との間における、クラディングに対する屈折率差と半径との積の積分の2倍

【数4】

$$(T_{01} = 2 \cdot \int_0^{r1} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr)$$

の値が、 $375 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ と $525 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ との間にあることを特徴とする請求項29または30に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 32】

ゼロ半径と第2周辺スライスの半径 (r_3) との間における、クラディングに対する屈折率差と半径との積の積分の2倍

【数5】

$$(T_{03} = 2 \cdot \int_0^{r3} \Delta n(r) \cdot r \cdot dr)$$

の値が、 $400 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ と $700 \cdot 10^{-3} \mu\text{m}^2$ との間にあることを特徴とする請求項29から31のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 33】

第1周辺スライスの屈折率とクラディングの屈折率との屈折率差 (n_2) が、 -7

1.0×10^{-3} と 5.1×10^{-3} との間にあり、第 1 周辺スライスの外半径 (r_2) が、 $5 \mu\text{m}$ と $10 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 29 から 32 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 34】

第 2 周辺スライスの屈折率とクラッドリングの屈折率との屈折率差 (n_3) が、 -5.1×10^{-3} と 5.1×10^{-3} との間にあり、第 2 周辺スライスの外半径 (r_3) が、 $7 \mu\text{m}$ と $15 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 29 から 33 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 35】

第 3 周辺スライスの屈折率とクラッドリングの屈折率との屈折率差 (n_4) が、 -5.1×10^{-3} と 5.1×10^{-3} との間にあり、第 3 周辺スライスの外半径 (r_4) が、 $10 \mu\text{m}$ と $16 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 29 から 34 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 36】

コアの可変屈折率プロファイルが、中心スライスの最大屈折率より小さい最大屈折率を有する第 4 周辺スライスを備え、前記第 4 周辺スライスが、第 3 周辺スライスの周上に位置することを特徴とする請求項 29 から 35 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 37】

第 4 周辺スライスの屈折率とクラッドリングの屈折率との屈折率差 (n_5) が、 0 と 1.0×10^{-3} との間にあり、第 4 周辺スライスの外半径 (r_5) が、 $14 \mu\text{m}$ と $17 \mu\text{m}$ との間にあることを特徴とする請求項 18 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 38】

1495 nm の波長において、 10 mm の半径の湾曲によって生じる損失が、 100 dB/m より小さいことを特徴とする請求項 1 から 37 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 39】

1495 nm の波長において、 10 mm の半径の湾曲によって生じる損失が、 50 dB/m より小さいことを特徴とする請求項 38 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 40】

減衰が、 1495 nm の波長において、 1.5 dB/km より小さいことを特徴とする請求項 1 から 39 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 41】

減衰が、 1495 nm の波長において、 1 dB/km より小さいことを特徴とする請求項 40 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 42】

偏光モード分散が、 1495 nm の波長において、 $0.5 \text{ ps/km}^{1/2}$ より小さいことを特徴とする請求項 1 から 41 のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 43】

偏光モード分散が、 1495 nm の波長において、 $0.2 \text{ ps/km}^{1/2}$ より小さいことを特徴とする請求項 42 に記載の分散補償光ファイバ。

【請求項 44】

モジュール (3) が、先行請求項のいずれか一項に記載の分散補償光ファイバ (4) を備えることを特徴とする色分散補償モジュール。

【請求項 45】

基本モードを高次モードに変換することができる第 1 モード変換器 (2)、前記分散補償光ファイバ (4)、および高次モードを基本モードに変換することができる第 2 モード変換器 (5) を直列に連続して備えることを特徴とする請求項 44 に記載の色分散補償モジュール。

【請求項 46】

線光ファイバ(1)および請求項44または45に記載の補償モジュール(3)を直列に連続して備えることを特徴とする光ファイバ波長多重化伝送システム。

【請求項47】

線光ファイバ(1)の長さ L_1 と分散補償光ファイバ(4)の長さ L_2 との比が、 1495 nm における線光ファイバ(1)の色分散 D_1 と、 1495 nm における分散補償光ファイバ(4)の色分散 D_2 との比の絶対値の逆数でほぼあることを特徴とする請求項46に記載の光ファイバ波長多重化伝送システム。

【請求項48】

1460 nm と 1530 nm との間の各波長の累積色分散の絶対値が、 100 km の伝送にわたって平均して 30 ps/nm より小さいことを特徴とする請求項46または47に記載の光ファイバ波長多重化伝送システム。