

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-226964
(P2004-226964A)

(43) 公開日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(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 有 請求項の数 19 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-301355 (P2003-301355)	(71) 出願人	390019839 三星電子株式会社
(22) 出願日	平成15年8月26日 (2003.8.26)	(74) 代理人	100067644 弁理士 竹内 裕
(31) 優先権主張番号	2003-003770	(72) 発明者	▲ちょ▼ 正植 大韓民国大田廣域市儒城区魚隱洞ハンビッ トアパート137棟401號
(32) 優先日	平成15年1月20日 (2003.1.20)	(72) 発明者	都 文顯 大韓民国慶尚北道漆谷郡石積面南栗里71 0番地
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)	(72) 発明者	楊 鎮成 大韓民国慶尚北道龜尾市工團一洞三星電子 アパート3棟201號

最終頁に続く

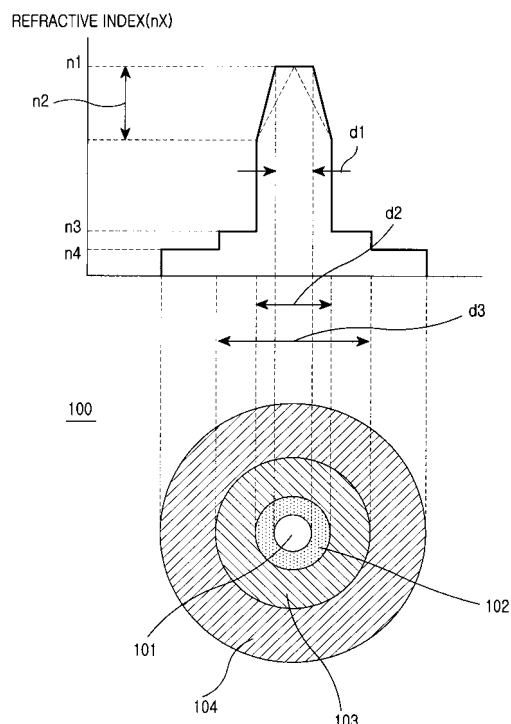
(54) 【発明の名称】 広帯域分散制御光ファイバ

(57) 【要約】

【課題】 多種波長帯域の光信号を伝送することができ、伝送距離とは無関係に一つの光ファイバのみを用いて短中長距離伝送が可能な広帯域分散制御光ファイバを提供する。

【解決手段】 本発明に従う広帯域分散制御光ファイバは、ゼロ分散波長の位置を制御して波長分割多重化方式通信ネットワークにおける波長帯域の光信号を使用することができるようにし、分散傾斜とベンディング損失を制御することにより長距離伝送に適合可能にする。また、Oバンド波長帯域では負の分散値に、CバンドとLバンド波長帯域では偏差が小さい正の分散値にそれぞれ制御することにより、一つの光ファイバで短中長距離伝送を可能にする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

広帯域分散制御光ファイバにおいて、

遮断波長が 1285 nm 以下であり、1285 nm ~ 1330 nm 波長範囲で分散値が $-12 \sim -4$ ps/nm/km であり及び 1625 nm 波長での分散値が $8 \sim 14$ ps/nm/km であり、1430 nm 未満の波長領域にゼロ分散波長を位置させ、1550 nm 波長で $75 \mu\text{m}^2$ 未満の有効断面積を示し、1550 nm 波長と 1625 nm 波長間の損失値の差が 0.03 dB/km 以下であることを特徴とする広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 2】

広帯域分散制御光ファイバは、

直径が d_1 、屈折率が n_1 である内部コアと、

該内部コアを取り囲み、直径が d_2 であり、屈折率 n_2 が分散制御光ファイバの中心から外れるほど該内部コアの屈折率 n_1 から徐々に減少する外部コアと、

該外部コアを取り囲み、直径が d_3 、屈折率が n_3 である内部クラッドと、

該内部クラッドを取り囲み、屈折率が n_4 である外部クラッドと、を備える請求項 1 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 3】

直径が $0 < d_1/d_2 < 0.8$ 、 $0 < d_2/d_3 < 0.5$ である関係を満足すると共に、屈折率が $n_1 > n_2 > n_3 > n_4$ 、 $0 < 0.0034 < (n_1 - n_4)/n_1 < 0.007$ 、 $0 < (n_2 - n_4)/n_2 < 0.0048$ 、 $0 < (n_3 - n_4)/n_3 < 0.0014$ である関係を満足する請求項 2 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 4】

ゼロ分散波長での分散傾斜が $0 < 0.074 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下である請求項 1 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 5】

分散値が 1310 nm 波長で -9 ps/nm/km 以上である請求項 1 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 6】

損失が 1625 nm 波長で $0 < 0.25 \text{ dB/km}$ 以下である請求項 1 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 7】

直径が 60 mm であるローラーに 100 回巻線された場合に 1550 nm でのベンディング損失が 0.05 dB 以下である請求項 1 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 8】

広帯域分散制御光ファイバにおいて、

遮断波長が 1285 nm 以下であり、1285 nm ~ 1330 nm 波長範囲で分散値が $-12 \sim -4$ ps/nm/km であり及び 1625 nm 波長での分散値が $8 \sim 14$ ps/nm/km であり、ゼロ分散波長での分散傾斜が $0 < 0.074 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 以下であることを特徴とする広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 9】

ゼロ分散波長は 1430 nm 未満の波長領域に位置する請求項 8 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 10】

有効断面積は 1550 nm 波長で $75 \mu\text{m}^2$ 未満である請求項 8 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 11】

分散値は 1310 nm 波長で -6 ps/nm/km 以下であり、1625 nm 波長で 14 ps/nm/km 以下である請求項 8 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 12】

直径が 60 mm であるローラーに 100 回巻線された場合に 1550 nm でのベンディ

10

20

30

40

50

ング損失が 0.05 dB 以下である請求項 8 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 13】

広帯域分散制御光ファイバは、
 直径が d_1 、屈折率が n_1 である内部コアと、
 該内部コアを取り囲み、直径が d_2 であり、屈折率 n_2 が分散制御光ファイバの中心から外れるほど該内部コアの屈折率 n_1 から徐々に減少する外部コアと、
 該外部コアを取り囲み、直径が d_3 、屈折率が n_3 である内部クラッドと、
 該内部クラッドを取り囲み、屈折率が n_4 である外部クラッドと、を備える請求項 8 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 14】

直径が $0 < d_1/d_2 < 0.8$ 、 $0 < d_2/d_3 < 0.5$ である関係を満足すると共に、屈折率が $n_1 > n_2 > n_3 > n_4$ 、 $0 < 0.0034 < (n_1 - n_4)/n_1 < 0.007$ 、 $0 < (n_2 - n_4)/n_2 < 0.0048$ 、 $0 < (n_3 - n_4)/n_3 < 0.0014$ である関係を満足する請求項 13 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 15】

広帯域分散制御光ファイバにおいて、
 内部コアと、
 該内部コアを取り囲む外部コアと、
 該外部コアを取り囲む内部クラッドと、
 該内部クラッドを取り囲む外部クラッドと、を備え、
 既設定された遮断波長を得、Oバンド波長領域では負の分散値及びCバンドとLバンド波長領域では正の分散値を有し、ゼロ分散波長を既設定された値より低い波長領域に位置させ、既設定された波長での有効断面積を既設定された値より小さくし、波長に応じた光損失偏差を既設定された値より低めるために、屈折率分布と相対的な直径を用いて前記コアとクラッドそれぞれの屈折率が調整されていることを特徴とする広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 16】

遮断波長が 1285 nm 以下であり、1285 nm ~ 1330 nm 波長範囲で分散値が $-12 \sim -4$ ps/nm/km であり、1625 nm 波長で分散値が $8 \sim 14$ ps/nm/km である請求項 15 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 17】

ゼロ分散波長は 1430 nm 以下の波長領域に位置する請求項 15 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 18】

有効断面積は 1550 nm 波長で $75 \mu\text{m}^2$ 未満である請求項 15 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【請求項 19】

波長に応じた光損失偏差は 0.03 dB/km 以下である請求項 15 記載の広帯域分散制御光ファイバ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ファイバに関し、特に、広波長帯域の光信号を利用すると同時に、中長距離伝送にも使用することができる広帯域分散制御光ファイバに関する。

【背景技術】

【0002】

一般的に、大容量の情報を伝送する波長分割多重化(WDM:Wavelength Division Multiplexing)方式の光通信ネットワークでは、異なるN個の波長を有する光信号を多重化して一本の光ファイバを通じ同時に伝送する。光ファイバを通じて伝送される光信号には伝

10

20

30

40

50

送特性が良好な1530nm～1565nm波長帯域のCバンドと1570nm～1605nm波長帯域のLバンドが主に利用される。一方、WDM方式の光通信ネットワークで広帯域/大容量伝送のために、1285nm～1330nm波長帯域のOバンドと1460nm～1530nm波長帯域のSバンド光信号を利用するための研究が活発に進められている。

【0003】

図1は従来技術に従う光ファイバの分散特性を示すグラフである。図1に示したグラフでは、第1曲線11はシングルモード光ファイバの分散特性を示し、第2曲線13、第3曲線15はそれぞれ正分散光ファイバの分散特性を示し、第4曲線17は負分散光ファイバの分散特性を示す。第2曲線13、第3曲線15は1550nm波長で分散値が正の値に該当する光ファイバであり、第4曲線17は1550nm波長で分散値が負の値に該当する光ファイバである。

10

【0004】

第1曲線11が示す分散特性を説明すると、Cバンド波長帯域で14～19ps/nm/kmの分散値を示しており、Lバンド波長帯域ではCバンド波長帯域より大きい分散値を示している。従って、WDM方式で第1曲線11の分散特性を示すシングルモード光ファイバを広帯域/大容量の通信ネットワークに使用するためには、分散補償器が必然的に要求される。

【0005】

一方、第1曲線11でゼロ分散波長がOバンド波長帯域に位置するようになるが、これはOバンド波長帯域の光信号を送受信する場合に四光波混合(FWM: four wave mixing)により信号品質が悪化する問題がある。FWMとは、光信号伝送時に発生する非線形現象の一例であり、異なる波長をもつ光信号の相互作用により新たな波長の光信号が生成されて光信号を歪曲させるものである。このようなFWMは光信号の位相が一致するゼロ分散波長で発生する。

20

【0006】

また、第1曲線11の分散特性をもつシングルモード光ファイバは、分散値が大きいので、WDM方式において分散補償費用を増加させる。従って、WDM通信ネットワークでシングルモード光ファイバを利用して広帯域通信ネットワークを構築することは効果的ではない。このような理由からシングルモード光ファイバはシングルモード光ファイバを通じた広帯域/大容量伝送のための時分割多重化(TDM: Time division Multiplexing)通信ネットワークで主に利用されている。

30

【0007】

しかし、TDM通信方式に比べて、WDM通信方式は少ない費用で伝送容量を非常に増加させることができる利点があるので、光通信ネットワークでWDM方式に対する開発が継続して進められている。

【0008】

第2曲線13、第3曲線15は第1曲線11に比べて分散値が低く分布し、Cバンド及びLバンド波長帯域の広帯域/大容量通信ネットワークを構築する場合に、相対的に少ない分散補償が要求されるので費用を節減することができる利点がある。第2曲線13は有効断面積を拡大した大有効面積光ファイバの分散特性を示し、第3曲線15は分散傾斜を減少させた傾斜減少光ファイバを示す。

40

【0009】

第2曲線13に示したように、大有効面積光ファイバは光ファイバの有効断面積を拡張して一定レベル以上の分散値を確保することにより、FWMのような非線形現象を防止することができる。しかし、大有効面積光ファイバはLバンド波長帯域で比較的大きな分散値を有するので分散補償が必ず要求される。また、有効断面積が大きくなると、ラマン増幅効率が減少する問題もある。

【0010】

第3曲線15のような分散特性を有する傾斜減少光ファイバは、分散傾斜を減少させる

50

ことでCバンドとLバンド波長帯域間の分散値差を減少させる光ファイバである。従って、傾斜減少光ファイバは広帯域/大容量通信ネットワークでCバンドとLバンド間の分散値差を相対的に減少させる。

【0011】

しかし、第2曲線13、第3曲線15に示したように、正分散光ファイバのゼロ分散波長は1460nm~1500nm波長帯域に位置するので、長距離伝送時に利用されるラマン増幅に利用することは不可能である。ラマン増幅方式の特性上、光信号増幅のために増幅させようとする光信号よりも約100nm低い波長のポンピング光を使用するようになり、Lバンド波長帯域の光信号増幅のために1470nm~1505nm波長帯域のポンピング光を使用するようになる。即ち、ラマン増幅方式でLバンド光信号の増幅のために使用されるポンピング光の波長は、正分散光ファイバのゼロ分散波長が位置する波長帯域内にある。これはFWMのような非線形現象を誘発するので、このような正分散光ファイバを広帯域/大容量通信ネットワークに利用することは効果的ではない。また、正分散光ファイバのゼロ分散波長は1460nm~1530nm波長帯域のSバンド内に位置してFWMのような非線形現象を誘発するので、Sバンド波長帯域を利用できない問題がある。

10

【0012】

第4曲線17のような分散特性を有する負分散光ファイバは、ゼロ分散波長が1610nm~1700nm波長帯域内に位置するので、Cバンド及びLバンド波長帯域の光信号伝送が可能である。しかし、負分散光ファイバは、約数百km範囲の中長距離伝送のみに利用されており、Sバンド又はOバンド波長帯域の光信号に対して絶対的な分散値が大きいのでこれに使用することはできない。

20

【0013】

このように、光通信ネットワーク、特に、開発が絶え間なく進められているWDM通信ネットワークで広帯域/大容量伝送が必須的に要求されているにも拘わらず、従来の光ファイバではゼロ分散波長の位置又は分散値を適切に調節することができないので、Cバンド又はLバンド波長帯域の光信号のみを使用している。さらに、数百km程度の中長距離伝送ネットワークでは負分散光ファイバが有用で、それ以上の長距離伝送には正分散光ファイバが利用されている。即ち、伝送距離に応じて異なる光ファイバを使用するので、光通信ネットワークの構築費用が二重にかかるといった問題がある。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

従って、このような問題を解決するための本発明の目的は、多種波長帯域の光信号を伝送することができる広帯域分散制御光ファイバを提供することにある。

【0015】

本発明の他の目的は光信号伝送距離とは無関係に一つの光ファイバのみを利用して短距離だけでなく中長距離伝送が可能な広帯域分散制御光ファイバを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0016】

このような目的を達成するために本発明は、広帯域分散制御光ファイバにおいて、遮断波長が1285nm以下であり、1285nm~1330nmの波長範囲で分散値が $-1.2 \sim -4 \text{ ps/nm/km}$ であり及び1625nm波長での分散値が $8 \sim 14 \text{ ps/nm/km}$ であり、1430nm未満の波長領域でゼロ分散波長を位置させ、1550nm波長で $7.5 \mu\text{m}^2$ 未満の有効断面積を示し、1550nm波長と1625nm波長間の損失値の差が 0.03 dB/km 以下である広帯域分散制御光ファイバを開示する。

40

【0017】

この広帯域分散制御光ファイバでは、直径が $0 < d_1/d_2 < 0.8$ 、 $0.1 < d_2/d_3 < 0.5$ である関係を満足すると共に、屈折率が $n_1 > n_2 > n_3 > n_4$ 、 $0.003 < (n_1 - n_4)/n_1 < 0.007$ 、 $0 < (n_2 - n_4)/n_2 < 0.0048$ 、 $0 < (n$

50

3 - n 4) / n 3 0 . 0 0 1 4 である関係を満足するとよい。

【0018】

ゼロ分散波長での分散傾斜は $0.074 \text{ ps}^2 / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下であるとよく、分散値は 1310 nm 波長で $-9 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ 以上であるとよく、損失は 1625 nm 波長で $0.25 \text{ dB} / \text{km}$ 以下であるとよい。また、直径が 60 mm であるローラーに 100 回巻線された場合に 1550 nm でのベンディング損失が 0.05 dB 以下であるとよい。

【0019】

また、本発明は、広帯域分散制御光ファイバにおいて、遮断波長が 1285 nm 以下であり、 $1285 \text{ nm} \sim 1330 \text{ nm}$ 波長範囲で分散値が $-12 \sim -4 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ であり及び 1625 nm 波長で分散値が $8 \sim 14 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ であり、ゼロ分散波長での分散傾斜が $0.074 \text{ ps}^2 / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下である広帯域分散制御光ファイバを開示する。

10

【0020】

この広帯域分散制御光ファイバでは、ゼロ分散波長は 1430 nm 未満の波長領域に位置するとよく、有効断面積は 1550 nm 波長で $75 \mu\text{m}^2$ 未満であるとよく、分散値は 1310 nm 波長で $-6 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ 以下であり、 1625 nm 波長で $14 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ 以下であるとよい。また、直径が 60 mm であるローラーに 100 回巻線された場合に 1550 nm でのベンディング損失が 0.05 dB 以下であるとよい。

【0021】

また、この広帯域分散制御光ファイバは、直径が d_1 、屈折率が n_1 である内部コアと、内部コアを取り囲み、直径が d_2 であり、屈折率 n_2 が分散制御光ファイバの中心から外れるほど内部コアの屈折率 n_1 から徐々に減少する外部コアと、外部コアを取り囲み、直径が d_3 、屈折率が n_3 である内部クラッドと、内部クラッドを取り囲み、屈折率が n_4 である外部クラッドと、を備えることができる。

20

【0022】

この場合、直径が $0 < d_1 / d_2 < 0.8$ 、 $0 < d_2 / d_3 < 0.5$ である関係を満足すると共に、屈折率が $n_1 > n_2 > n_3 > n_4$ 、 $0 < 0.0034 < (n_1 - n_4) / n_1 < 0.007$ 、 $0 < (n_2 - n_4) / n_2 < 0.0048$ 、 $0 < (n_3 - n_4) / n_3 < 0.0014$ である関係を満足するとよい。

【0023】

さらに、本発明では、広帯域分散制御光ファイバにおいて、内部コアと、内部コアを取り囲む外部コアと、外部コアを取り囲む内部クラッドと、内部クラッドを取り囲む外部クラッドと、を備え、既設定された遮断波長を得、Oバンド波長領域では負の分散値及びCバンドとLバンド波長領域では正の分散値を有し、ゼロ分散波長を既設定された値より低い波長領域に位置させ、既設定された波長での有効断面積を既設定された値より小さくし、波長に応じた光損失偏差を既設定された値より低めるために、屈折率分布と相対的な直径を用いて前記コアとクラッドそれぞれの屈折率が調整されている広帯域分散制御光ファイバを開示する。

30

【0024】

この広帯域分散制御光ファイバは、遮断波長が 1285 nm 以下であり、 $1285 \text{ nm} \sim 1330 \text{ nm}$ 波長範囲で分散値が $-12 \sim -4 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ であり、 1625 nm 波長で分散値が $8 \sim 14 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ であるとよい。

40

【0025】

また、この広帯域分散制御光ファイバは、ゼロ分散波長は 1430 nm 以下の波長領域に位置するとよく、有効断面積は 1550 nm 波長で $75 \mu\text{m}^2$ 未満であるとよく、波長に応じた光損失偏差は $0.03 \text{ dB} / \text{km}$ 以下であるとよい。

【発明の効果】

【0026】

本発明に従う広帯域分散制御光ファイバは、ゼロ分散波長の位置を制御してWDM方式の通信ネットワークで多様な波長帯域の光信号を利用することができるようになり、分散傾斜とベンディング損失を制御することにより長距離伝送ができるようになる。また、O

50

バンド波長帯域では負の分散値に、CバンドとLバンド波長帯域では偏差が小さい正の分散値にそれぞれ制御することにより、一種類の光ファイバで、中短距離伝送だけでなく、長距離伝送も可能になるといった利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明に従う好適な一実施形態について添付図を参照しつつ詳細に説明する。下記の説明において、本発明の要旨のみを明瞭にする目的で、関連した公知機能又は構成に関する具体的な説明は省略する。

【0028】

図2は本発明の望ましい一実施形態に従う広帯域分散制御光ファイバ100とその屈折率分布(refractive index)を示すグラフである。図2に示したように、広帯域分散制御光ファイバ100は、内部コア101、外部コア102、内部クラッド103及び外部クラッド104で構成される。 10

【0029】

内部コア101は、一定の屈折率 n_1 をもち、直径が d_1 である。

【0030】

外部コア102は、内部コア101を取り囲み、直径が d_2 であり、直径 d_1 から d_2 に進行するにつれて屈折率 $n_2(r)$ が n_1 から徐々に減少する。

【0031】

内部クラッド103は、外部コア102を取り囲み、直径が d_3 であり、屈折率 n_1 及び $n_2(r)$ より小さい屈折率 n_3 が直径方向に均一に分布している。 20

【0032】

外部クラッド104は内部クラッド103の屈折率 n_3 より小さい屈折率 n_4 が直径方向に均一に分布してゐる。

【0033】

図2の屈折率分布図に点線で示したように、内部コア101の直径が実質的に0であると、屈折率 n_1 が外部コア102の中心に尖鋭に(acutely)分布することができる。

【0034】

屈折率 $n_2(r)$ は下記数式1に従ってその分布が定義される。

【0035】

【数1】

$$n_2(r) = n_1 \left[1 - \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1} \right) \left(\frac{2r - d_1}{d_2 - d_1} \right)^{a_{co}} \right]$$

【0036】

ここで、 r は広帯域分散制御光ファイバ100の中心から測定され、 $d_1 < 2r < d_2$ である値を有する外部コア102内の任意の地点での半径を示し、 d_1 は $0 < d_1 < d_2$ である内部コア101の直径を示し、 a_{co} は $0 < a_{co}$ である値を有する屈折率分布決定係数である。

【0037】

また、広帯域分散制御光ファイバ100の内部コア101、外部コア102、内部クラッド103及び外部クラッド104それぞれの屈折率($n_1 \sim n_4$)と直径($d_1 \sim d_3$)は、次の数式2及び数式3に示す関係を満足する。 40

【0038】

【数2】

$$0 \leq \frac{d_1}{d_2} \leq 0.8$$

$$0.1 \leq \frac{d_2}{d_3} \leq 0.5$$

【0039】

【数 3】

$$0.0034 \leq \frac{n1 - n4}{n1} \leq 0.007$$

$$0 \leq \frac{n2 - n4}{n2} \leq 0.0048$$

$$0 \leq \frac{n3 - n4}{n3} \leq 0.0014$$

【0040】

このような直径と屈折率分布を有する広帯域分散制御光ファイバ100は、分散制御光ファイバ100を構成するコア101、102とクラッド103、104間の屈折率($n_1 \sim n_4$)を調整することにより、遮断波長は1285nm以下に、Oバンド波長帯域での分散値は-12~-4ps/nm/kmに、1625nm波長の分散値は8~14ps/nm/kmに制御され、ゼロ分散波長は1430nm未満の波長領域に位置させるようになる。また、ゼロ分散波長での分散傾斜は0.074ps/nm²/km以下、有効断面積は75μm²以下に制御される。

【0041】

以下、このような分散制御光ファイバ100をより詳細に説明する。

【0042】

先ず、1285nm~1330nm波長帯域のOバンド光信号を伝送する場合、分散制御光ファイバ100は負の分散値を有するので、数百km程度の中短距離伝送に適用することが望ましい。図3は負の分散値に応じた相対的な伝送距離を示すグラフである。図3に示したグラフは1310nm波長で-8ps/nm/kmの分散値101aを有する分散制御光ファイバ100の伝送可能距離を1A.U.と仮定した場合、異なる条件の各種光ファイバが有する相対的な伝送距離を比較している。17aに示した従来の負分散光ファイバを利用してCバンド波長帯域の光信号を中短距離伝送する場合と広帯域分散制御光ファイバ100が類似の性能を示している。この例では従来の負分散光ファイバが1550nm波長で-6ps/nm/kmの分散値を有する条件17a下で中短距離伝送に利用される場合を提示した。一方、従来の1310nmの波長で-16ps/nm/kmの分散値を有する大有効面積光ファイバ13aは、広帯域分散制御光ファイバ100の伝送距離と比較した場合、伝送距離が半分程度に過ぎないことが分かる。

【0043】

このような測定結果に従って、Oバンド波長帯域で広帯域分散制御光ファイバ100の分散値を-12~-4ps/nm/km範囲(20)に制御することにより、中短距離伝送で従来の負分散光ファイバと類似した性能を得ることが可能となる。従って、広帯域分散制御光ファイバ100はOバンド波長帯域の光信号を利用して中短距離伝送に適用可能であることが分かる。

【0044】

次に、広帯域分散制御光ファイバ100を利用して1460nm~1530nm波長帯域のSバンド光信号を伝送する条件を説明する。図1に示した従来のWDM方式通信ネットワークに使用される正分散光ファイバ13、15の特性を説明すると、ゼロ分散波長がSバンド波長帯域に位置することが分かる。従って、従来の正分散光ファイバ13、15を通じてSバンド波長帯域の光信号を伝送すると、FWMによる信号歪曲などが発生して信号品質が急激に悪化していた。これに対し、広帯域分散制御光ファイバ100は、ゼロ分散波長を1430nm未満の波長領域に位置させるようにコア101、102とクラッド103、104の屈折率を調節したので、Sバンド波長帯域の光信号を伝送することが可能になる。

【0045】

次に、広帯域分散制御光ファイバ100が1530nm~1565nm波長帯域のCバンド光信号と1570nm~1605nm波長帯域のLバンド光信号の長距離伝送に適用

された場合に示す特性を説明する(図4)。WDM方式の光通信ネットワークでは長距離伝送のためにラマン増幅方式が適用される。ラマン増幅は光伝送路上にポンピング光を入射してポンピング光と光信号の相互作用により光信号の強さを増幅する方式である。ラマン増幅では、ポンピング光の波長帯域64から約100nm長波長、即ち、13.3THzだけ周波数が増加した側に移動した波長帯域68で光信号の最大増幅が得られる。

【0046】

図4に示したように、1430nm波長のポンピング光62が入射された場合、1530nm波長の光信号66から最大増幅60が得られる。Cバンド波長帯域68で光信号を増幅するためには、1430nm~1465nm波長帯域64におけるポンピング光を一定間隔で入射させることで、増幅光信号が1530nm~1565nm波長帯域で図4に示したラマン利得曲線と重なった形態で出力される。

10

【0047】

一方、このようなCバンド波長帯域68の光信号を増幅させるためのポンピング光の波長帯域64内にゼロ分散波長が位置するようになると、ポンピング光によるFWM現象により信号品質が悪化する。広帯域分散制御光ファイバ100はコア101、102とクラッド103、104の屈折率を調整することで、ゼロ分散波長を1430nm以下の波長帯域に位置させるようにする。従って、広帯域分散制御光ファイバ100は長距離伝送におけるCバンド波長帯域光信号のラマン増幅が可能になる。ここで、Lバンド波長帯域における光信号のラマン増幅のためにポンピング光を1470nm~1505nm波長帯域で使用するので、広帯域分散制御光ファイバ100は1430nm未満の波長帯域にゼロ分散波長を位置させるように制御される。

20

【0048】

また、WDM通信方式を使用した長距離伝送では分散のための費用を低減するために、伝送しようとする波長帯域で低い分散値が要求される。特に、光信号波長が長波長になればなるほど分散値が増加するので、Lバンド波長帯域での分散値を低く制御する必要がある。

【0049】

1625nm波長で分散値が8~14ps/nm/km範囲に制御された場合、Lバンド波長帯域の光信号を利用した長距離伝送における分散のための費用を削減することができる。図5は1625nm波長で分散値が8~14ps/nm/km範囲にある場合、ゼロ分散波長とゼロ分散波長での分散傾斜との関係を示したものである。図5で参照番号71は1625nm波長で分散値が12.5ps/nm/km以下に制御された場合、参照番号72は1625nm波長で分散値が12.5~13ps/nm/kmの範囲にある場合、参照番号73は1625nm波長で分散値が13~13.5ps/nm/kmの範囲にある場合をそれぞれ示す。図5に示したように、ゼロ分散波長での分散傾斜が低くなるほど1625nmにおける分散値が低くなり、Lバンド波長帯域の光信号を利用した長距離伝送にも有利であることが分かる。

30

【0050】

このような測定結果によれば、広帯域分散制御光ファイバ100が、ゼロ分散波長での分散傾斜を0.074ps/nm²/km以下に制御し、Lバンド波長帯域より長波長である1625nm波長での分散値を14ps/nm/km以下に制御するためにゼロ分散波長を1430nm以下の波長領域に位置させることができるようになったことを確認できる。前述したように1625nm波長で分散値が一定範囲以内に制御されることで、Lバンド波長帯域の長距離伝送が可能になる。これは広帯域分散制御光ファイバ100の屈折率分布を数式2、数式3に応じて設定することにより可能である。

40

【0051】

加えて、広帯域分散制御光ファイバ100の有効断面積を75μm²以下に制御することによってラマン利得効率を確保することができる。ラマン利得効率は下記数式4により定義される。

【0052】

50

【数 4】

$$G\alpha \frac{g}{A_{eff}} P_{pump} L_{eff}$$

【0053】

ここで、 G はラマン利得効率、 g はラマン利得係数、 A_{eff} は有効断面積、 P_{pump} はポンピング光の出力、 L_{eff} は有効距離をそれぞれ示す。

【0054】

図6を参照すると、有効断面積とラマン利得効率間の関係が分かる。参照番号81は有効断面積が $80\mu\text{m}^2$ 、参照番号82は有効断面積が $70\mu\text{m}^2$ 、参照番号83は有効断面積が $60\mu\text{m}^2$ である場合のラマン利得効率をそれぞれ示す。数式4と図6を通じて示したように、有効断面積が減少するほどラマン利得効率が向上することを確認できる。

【0055】

図7は広帯域分散制御光ファイバのMCR値とベンディング損失間の関係を示すグラフである。MCR値とは、モードフィールド直径と遮断波長間の比を示す値である。図7から、MCR値が特定レベルを超えるとベンディング損失が急激に増加することが分かる。図7に示したように、MCR値が特定レベル以上になると、 1550nm 波長でのベンディング損失91に比べて、 1625nm 波長でのベンディング損失92が急激に増加することが分かる。従って、分散制御光ファイバ100のベンディング損失を防止するために、MCR値は一定範囲以内に制御することが望ましい。

【0056】

図8はMCR値が一定範囲以内に制御された分散制御光ファイバの波長帯域光損失を示すグラフである。このようにMCR値が制御された光ファイバは、 1550nm 波長での光損失121が大略 0.196dB/km であり、 1625nm 波長での光損失122が 0.208dB/km を示す。長距離伝送で波長に応じて光損失の偏差が大きくなると、補償、増幅など信号品質維持のための装置を波長帯域別にそれぞれ設置するべきであるので費用が増加する。従って、広帯域分散制御光ファイバ100はMCR値を制御して波長に応じた光損失の偏差が 0.03dB/km 以内に制限されるので長距離伝送に有利である。

【0057】

下記表1はこのような特性を反映させて製作された光ファイバの分散値を示す。

【0058】

【表1】

波長(nm)	1310	1285~1330	1430	1625
分散値(ps/nm/km)	-8.1	-11.1~-6.4	0.9	12.8

【0059】

表1に示したように、 1430nm 波長での分散値は 0.9ps/nm/km であるので、ゼロ分散波長は 1430nm 未満の波長領域に位置するようになる。分散制御光ファイバのゼロ分散波長は 1417.3 として測定された。

【0060】

表1のような分散値を有する分散制御光ファイバの特性は、下記表2のように測定された。

【0061】

【表2】

区分	モードフィールド	有効断面積	損失	
波長	1625nm	1625nm	1550nm	1625nm
測定値	$9.92\mu\text{m}$	$73\mu\text{m}^2$	0.196dB/km	0.208dB/km

【0062】

10

20

30

40

50

以上、本発明を具体的な一実施形態に基づいて説明したが、特許請求の範囲により定められる本発明の範囲を逸脱しない限り、各種の変形が当該技術分野における通常の知識を持つ者により可能なものは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】従来技術に従う光ファイバの分散特性を示すグラフ。

【図2】本発明の一実施形態に従う広帯域分散制御光ファイバとその屈折率分布を示すグラフ。

【図3】負の分散特性と伝送距離間との関係を示すグラフ。

【図4】ラマン利得曲線を示すグラフ。

10

【図5】図2に示した分散制御光ファイバの分散波長、分散傾斜間と1625nm分散の関係を示すグラフ。

【図6】図2に示した分散制御光ファイバのラマン利得効率を示すグラフ。

【図7】図2に示した分散制御光ファイバのベンディング損失を示すグラフ。

【図8】図2に示した分散制御光ファイバの波長に従う光損失を示すグラフ。

【符号の説明】

【0064】

100 広帯域分散制御光ファイバ

101 内部コア

102 外部コア

20

103 内部クラッド

104 外部クラッド

d1 内部コア101の直径

d2 外部コア102の直径

d3 内部クラッド103の直径

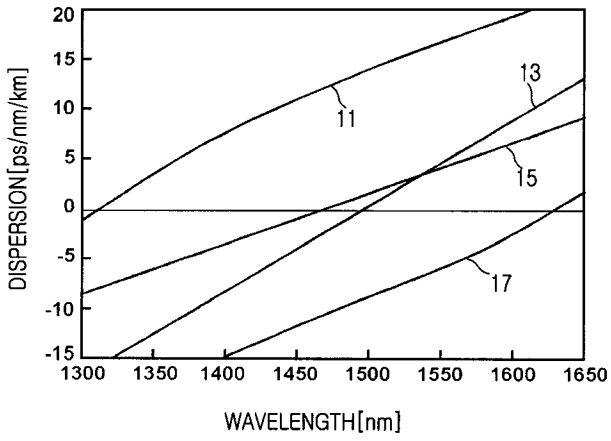
n1 内部コア101の屈折率

n2 外部コア102の屈折率

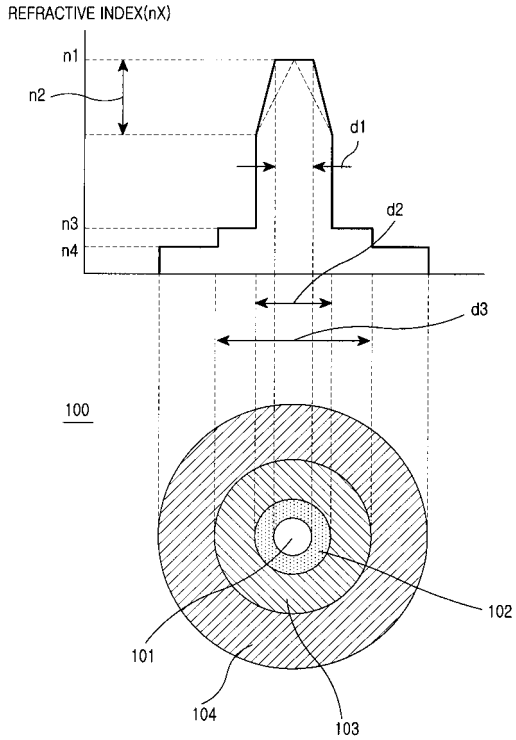
n3 内部クラッド103の屈折率

n4 外部クラッド104の屈折率

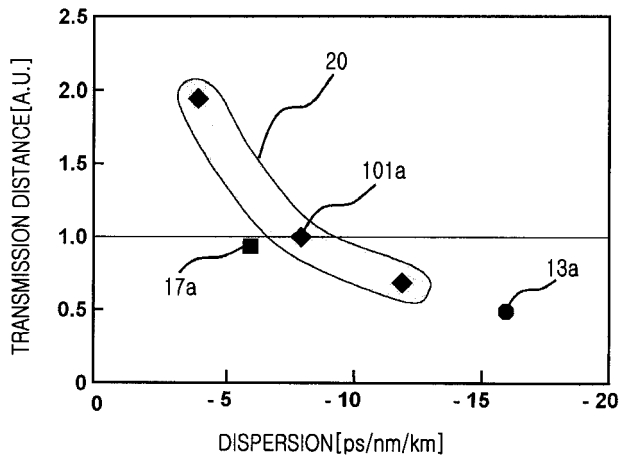
【 図 1 】



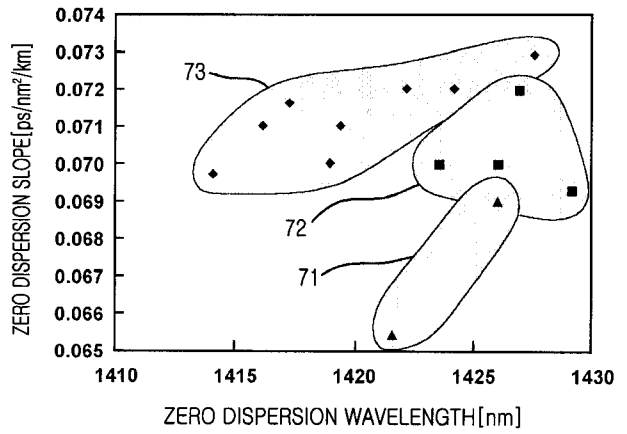
【 図 2 】



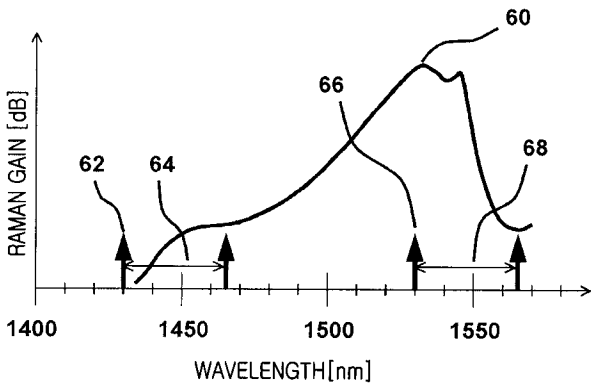
【 図 3 】



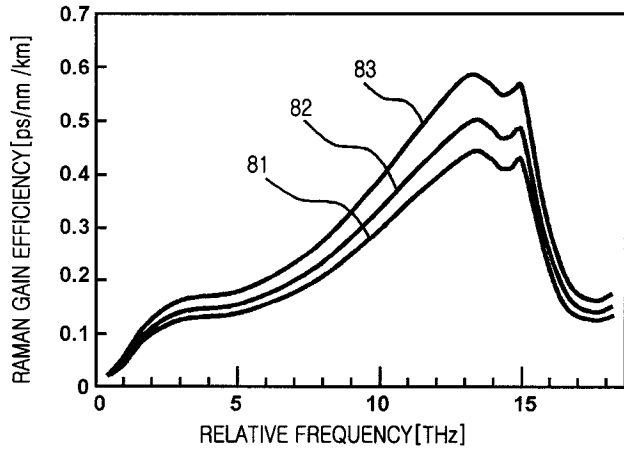
【 図 5 】



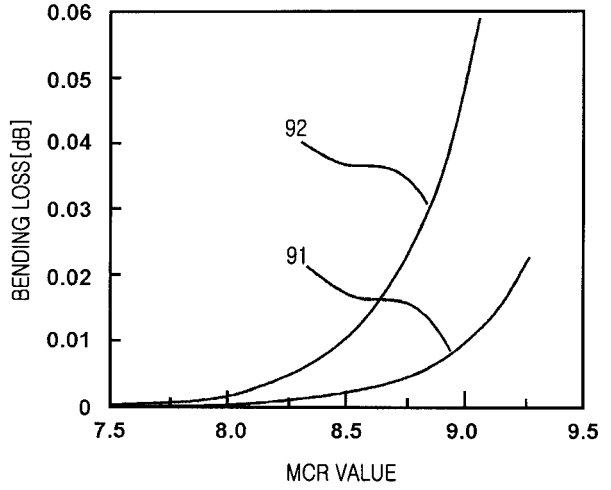
【 図 4 】



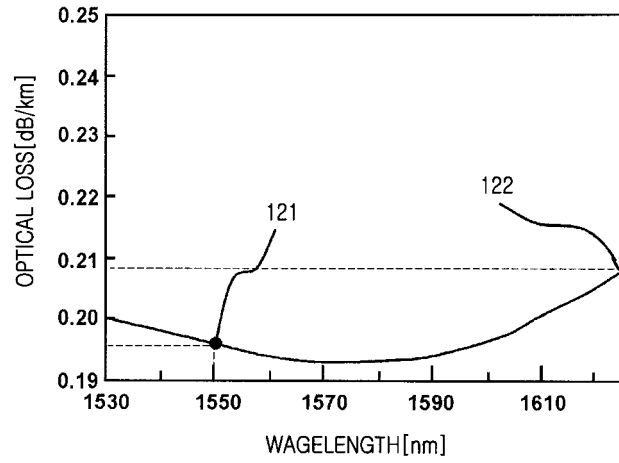
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 車 相 ほ

大韓民国慶尚北道龜尾市玉溪洞富榮二次アパート 7 1 1 號

(72)発明者 韓 周創

大韓民国慶尚北道龜尾市玉溪洞富榮二次アパート 7 1 1 號

(72)発明者 張 允根

大韓民国慶尚北道龜尾市玉溪洞富榮二次アパート 7 1 1 號

(72)発明者 郭 起 むん

大韓民国慶尚北道漆谷郡北三面仁坪 8 里ホワジンゲンボンタウン 1 0 1 棟 1 4 0 9 號

Fターム(参考) 2H050 AC71 AC75 AD01