

(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2019-120894  
(P2019-120894A)

(43) 公開日 令和1年7月22日(2019.7.22)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>G02B</b>	<b>6/036</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	6/036		2H150		
<b>G02B</b>	<b>6/44</b>	<b>(2006.01)</b>	G02B	6/44	336	4G021		
<b>C03B</b>	<b>37/023</b>	<b>(2006.01)</b>	C03B	37/023				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2018-2523 (P2018-2523)	(71) 出願人	000002130 住友電気工業株式会社 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(22) 出願日	平成30年1月11日 (2018.1.11)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100136722 弁理士 ▲高▼木 邦夫
		(74) 代理人	100174399 弁理士 寺澤 正太郎
		(74) 代理人	100110582 弁理士 柴田 昌聰

最終頁に続く

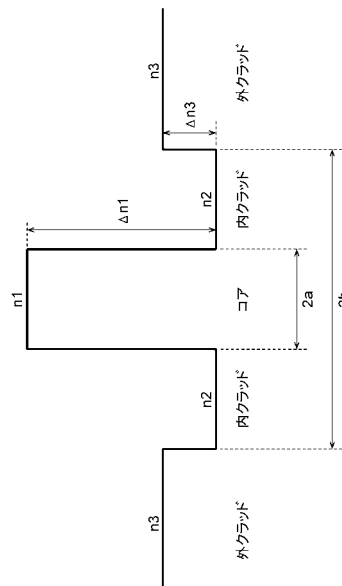
(54) 【発明の名称】 光ファイバ、光ファイバ心線および光伝送システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 屈折率分布の設計への依存を低減して実効断面積の拡大および曲げ損失特性の改善が可能な光ファイバ、光ファイバ心線および光伝送システムを提供する。

【解決手段】 光ファイバは、波長1550nmにおける実効断面積が $110\mu\text{m}^2$ 以上 $180\mu\text{m}^2$ 以下であり、ケーブルカットオフ波長が1530nm以下であり、ガラス外径の長手方向の平均値が $125\pm 0.5\mu\text{m}$ であり、ガラス外径の長手方向の標準偏差をとしたとき3が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下である。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

波長 1550 nm における実効断面積が  $110 \mu\text{m}^2$  以上  $180 \mu\text{m}^2$  以下であり、ケーブルカットオフ波長が 1530 nm 以下であり、ガラス外径の長手方向の平均値が  $125 \pm 0.5 \mu\text{m}$  であり、ガラス外径の長手方向の標準偏差を  $\sigma$  としたとき  $3\sigma$  が  $0.1 \mu\text{m}$  以上  $0.5 \mu\text{m}$  以下である、

光ファイバ。

**【請求項 2】**

波長 1550 nm における伝送損失が  $0.174 \text{ dB/km}$  以下である、

請求項 1 に記載の光ファイバ。

10

**【請求項 3】**

コアと、前記コアを取り囲み前記コアの屈折率より小さい屈折率を有する内クラッドと、前記内クラッドを取り囲み前記コアの屈折率より小さく前記内クラッドの屈折率より大きい屈折率を有する外クラッドと、を含む、

請求項 1 または 2 に記載の光ファイバ。

**【請求項 4】**

前記コアが、中心コアと、前記中心コアを取り囲み前記中心コアの屈折率より大きい屈折率を有するリングコアと、を含む、

請求項 3 に記載の光ファイバ。

20

**【請求項 5】**

請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載の光ファイバと、前記光ファイバを取り囲み 2 層の保護被覆層を含む被覆部と、前記被覆部を取り囲み外径が  $180 \mu\text{m}$  以上  $210 \mu\text{m}$  以下である着色層と、を備える光ファイバ心線。

**【請求項 6】**

信号光を伝送する光伝送路として請求項 1 ~ 4 の何れか 1 項に記載の光ファイバを備える光伝送システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、光ファイバ、光ファイバ心線および光伝送システムに関するものである。

30

**【背景技術】****【0002】**

信号光を伝送する光伝送路として光ファイバを用いる光伝送システムにおいて、信号対雑音比 (SN 比) を改善するため、光ファイバは低損失かつ低非線形性であることが要求される。光ファイバの非線形性を低減するためには、光ファイバの実効断面積を大きくすることが有効である。また、光ファイバの実効断面積を大きくするためには、光ファイバのコア径を大きくすることが有効である。しかし、光ファイバのコア径を大きくすると、基底モード光だけでなく高次モード光も伝搬してしまい、基底モード光と高次モード光との間のモード間干渉が生じて、信号劣化が生じる。そこで、モード間干渉による信号劣化を防ぐため、ITU-T G.650.1 に記載されるケーブルカットオフ波長は信号光波長以下であることが要求される。例えば C バンド ( $1530 \sim 1565 \text{ nm}$ ) で信号光を伝搬させる場合にはケーブルカットオフ波長は  $1530 \text{ nm}$  以下であることが要求される。

40

**【0003】**

$1530 \text{ nm}$  以上の波長において実効的にシングルモードにするとともに実効断面積を拡大することができる光ファイバの径方向の屈折率分布として、W 型やトレンチ型屈折率分布が知られている。これらの屈折率分布では、単純なステップ型屈折率分布に対して、高次モードの曲げ損失のみを大きくすることができるので、所望のカットオフ波長を維持しつつ実効断面積を拡大することができる。また、従来では、光ファイバの曲げ損失特性の改善も、光ファイバの屈折率分布の設計・調整によりなされていた。

50

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献1】T. Kato et al., Electron. Lett., vol.35. pp.1615-1617, 1999.

【非特許文献2】M. Bigot-Astruc, et al., ECOC '08, paper Mo.4.B.1.

【非特許文献3】T. Hasegawa et al., in Tech. Dig. Optical Fiber Communication (OFC), Anaheim, CA, 2001, pp.PD5-1-PD5-3.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

従来では、光ファイバの実効断面積の拡大および曲げ損失特性の改善は、光ファイバの屈折率分布設計の検討によるものであった。しかし、この場合、特性の向上を追求すると、構造の複雑化および量産性（製造トレランス）の悪化が懸念される。

【0006】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、屈折率分布の設計への依存を低減して実効断面積の拡大および曲げ損失特性の改善が可能な光ファイバを提供することを目的とする。また、本発明は、このような光ファイバを備える光ファイバ心線、および、このような光ファイバを光伝送路として備える光伝送システムを、提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0007】

本発明の光ファイバは、波長1550nmにおける実効断面積が $110\mu\text{m}^2$ 以上 $180\mu\text{m}^2$ 以下であり、ケーブルカットオフ波長が1530nm以下であり、ガラス外径の長手方向の平均値が $125\pm 0.5\mu\text{m}$ であり、ガラス外径の長手方向の標準偏差をとしたとき3が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下である。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、屈折率分布の設計への依存を低減して実効断面積の拡大および曲げ損失特性の改善が可能な光ファイバを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】図1は、径方向の屈折率分布を示す図である。

【図2】図2は、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅とケーブルカットオフ波長との関係を示すグラフである。

【図3】図3は、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅と波長1550nmにおける伝送損失との関係を示すグラフである。

【図4】図4は、径方向の屈折率分布を示す図である。

【図5】図5は、光ファイバ心線の断面図である。

【図6】図6は、光伝送システム100の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0010】

本発明の光ファイバは、波長1550nmにおける実効断面積が $110\mu\text{m}^2$ 以上 $180\mu\text{m}^2$ 以下であり、ケーブルカットオフ波長が1530nm以下であり、ガラス外径の長手方向の平均値が $125\pm 0.5\mu\text{m}$ であり、ガラス外径の長手方向の標準偏差をとしたとき3が $0.1\mu\text{m}$ 以上 $0.5\mu\text{m}$ 以下である。

【0011】

本発明の光ファイバは、波長1550nmにおける伝送損失が $0.174\text{dB/km}$ 以下であるのが好適である。

【0012】

本発明の光ファイバは、コアと、前記コアを取り囲み前記コアの屈折率より小さい屈折

50

率を有する内クラッドと、前記内クラッドを取り囲み前記コアの屈折率より小さく前記内クラッドの屈折率より大きい屈折率を有する外クラッドと、を含むのが好適である。また、前記コアが、中心コアと、前記中心コアを取り囲み前記中心コアの屈折率より大きい屈折率を有するリングコアと、を含むのが好適である。

【0013】

本発明の光ファイバ心線は、上記の本発明の光ファイバと、前記光ファイバを取り囲み2層の保護被覆層を含む被覆部と、前記被覆部を取り囲み外径が180 $\mu$ m以上210 $\mu$ m以下である着色層と、を備える。

【0014】

本発明の光伝送システムは、信号光を伝送する光伝送路として上記の本発明の光ファイバを備える。

10

【0015】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。本発明は、これらの例示に限定されるものではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0016】

光ファイバの長手方向のガラス外径の変動は、例えば、光ファイバ母材の線引工程における線引速度などの条件によって容易に調整することができる。この外径変動量に比例してコア径が変動する。コア径の変動が大きくなると、コアを伝搬する光波はクラッドモードへ結合しやすくなり、漏洩損失が大きくなる。

20

【0017】

伝搬光とクラッドモードとの間の実効屈折率差が小さいほど、クラッドモードへの結合が生じやすくなる。伝搬光のなかでも高次モードは、基底モードと比較して実効断面積が大きい。そのため、屈折率の低いクラッドの影響で実効屈折率は低くなり、クラッドモードとの実効屈折率差は小さくなる。このことから、高次モードはガラス径変動による漏洩損失が生じやすいと言える。それ故、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅を適切に制御することによって、基底モードの散乱損失を低く保ちつつ、高次モードの散乱損失のみを大きくすることができる。これにより、カットオフ波長を所望の範囲に維持しつつ、実効断面積を拡大することができる。

30

【0018】

図1に示される径方向の屈折率分布を有する光ファイバ母材を線引して光ファイバを製造した。線引工程において、レーザ外径測定器を用いてガラス外径をモニタし、条件を調整することで、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅を様々な値とした。ガラス外径変動幅の各値に対して、ケーブルカットオフ波長および伝送損失を測定した。なお、ガラス外径の長手方向のばらつき(標準偏差)をとしたとき、ガラス外径変動幅を3で規定した。

【0019】

製造した光ファイバは、屈折率 $n_1$ を有するコアと、このコアを取り囲み屈折率 $n_2$ を有する内クラッドと、この内クラッドを取り囲み屈折率 $n_3$ を有する外クラッドと、を含むものであった。コアは $GeO_2$ を含まないシリカガラスであり、内クラッドおよび外クラッドはFを含むシリカガラスであった。各領域の屈折率の大小関係は、 $n_1 > n_3 > n_2$ であった。内クラッドに対するコアの比屈折率差 $n_1$ は0.32%であり、内クラッドに対する外クラッドの比屈折率差 $n_3$ は0.06%であった。光ファイバの長手方向のコア径 $2a$ の平均値は12 $\mu$ mであった。光ファイバの長手方向の内クラッドの外径の平均値は36 $\mu$ mであった。光ファイバの長手方向の外クラッドの外径(ガラス径)の平均値は125 $\pm$ 0.5 $\mu$ mであった。

40

【0020】

図2は、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅とケーブルカットオフ波長との関係を示すグラフである。この図2に示されるとおり、ガラス外径変動が大きくなると、ケー

50

ブルカットオフ波長は短くなる。図3は、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅と波長1550nmにおける伝送損失との関係を示すグラフである。この図3に示されるとおり、ガラス外径変動が凡そ0.5μmより大きくなると、波長1550nmにおける伝送損失は大きくなる。

#### 【0021】

図2および図3から、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅を0.1μm以上0.5μm以下とすることにより、伝送損失の増加を抑制しつつ実効断面積の拡大が可能であることが分かる。また、光ファイバのケーブルカットオフ波長は1530nm以下である。光ファイバの波長1550nmにおける伝送損失は0.174dB/km以下である。光ファイバの波長1550nmにおける実効断面積は110μm<sup>2</sup>以上180μm<sup>2</sup>以下である。

10

#### 【0022】

本実施形態の光ファイバの径方向の屈折率分布は、図1に示されたものに限られるものではなく、他の屈折率分布であってもよい。例えば、単純なステップ型、トレンチ型、空孔付与型などの屈折率分布であってもよい。また、図4に示されるような屈折率分布であってもよい。図4に示される屈折率分布は、図1に示された屈折率分布において、コアが、中心コアと、この中心コアを取り囲むリングコアと、を含むものである。中心コアの屈折率n0は、リングコアの屈折率n1より小さい。これらの何れの屈折率分布であっても、光ファイバの長手方向のガラス外径変動幅を0.1μm以上0.5μm以下とすることにより、伝送損失の増加を抑制しつつ実効断面積の拡大が可能である。

20

#### 【0023】

特に、図4に示される屈折率分布を有する光ファイバは、モードフィールド径を維持しつつ実効断面積を拡大することができる。つまり、汎用シングルモード光ファイバと接続した際のモードフィールド径の不整合による接続損失の増加を抑制しつつ非線形性を低くすることが可能となる。

#### 【0024】

本実施形態の光ファイバは、屈折率分布の設計への依存を低減して実効断面積の拡大および曲げ損失特性の改善が可能である。ガラス外径変動は線引時の条件調整で容易にコントロールすることができるので、複雑な屈折率分布の設計が不要であり、量産性の向上が期待される。

30

#### 【0025】

図5に示されるように、一般に、光ファイバ心線1は、ガラスファイバ10と、このガラスファイバ10を取り囲み2層の保護被覆層21, 22を含む被覆部20と、この被覆部20を取り囲む着色層30と、を備える。被覆部20のうち内側の保護被覆層21は低ヤング率の樹脂からなり、外側の保護被覆層22は高ヤング率の樹脂からなる。着色層30は識別の為に設けられる樹脂層であり、通常は、その外径は凡そ250μmである。近年では、光ファイバ心線の外径(着色層の外径)を200μm程度まで細くすることで、光ケーブルの高密度化が検討されている。このように細径化した光ファイバ心線は、曲げ損失特性の向上が要求される。

#### 【0026】

本実施形態の光ファイバ心線1では、ガラスファイバ10は、コア11、内クラッド12および外クラッド13を含む前述したとおりの光ファイバである。着色層30の外径は180μm以上210μm以下である。本実施形態の光ファイバ心線1は、このように細径化しても、曲げ損失特性の向上が可能である。

40

#### 【0027】

図6は、光伝送システム100の構成を示す図である。この光伝送システム100では、光送信器110と光受信器120との間に光伝送路130が敷設されている。光伝送システム100は、光送信器110から光受信器120へ信号光を伝送する光伝送路130として本実施形態の光ファイバを備える。光伝送路130は、実効断面積の拡大および曲げ損失特性の改善が可能である本実施形態の光ファイバを備えるので、信号劣化を抑制し

50

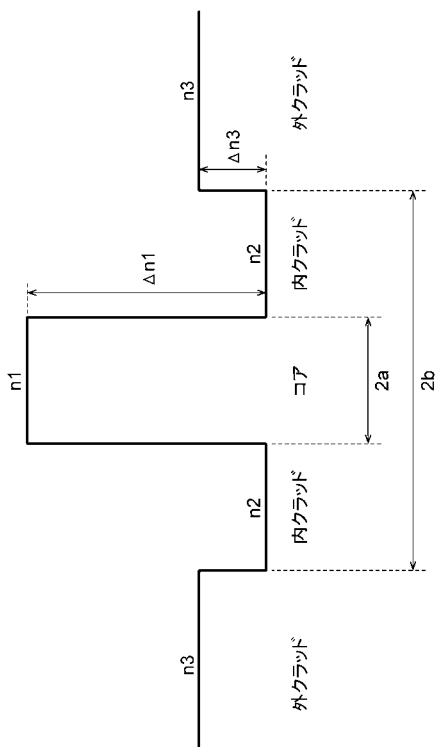
て長距離の信号光伝送が可能である。

【符号の説明】

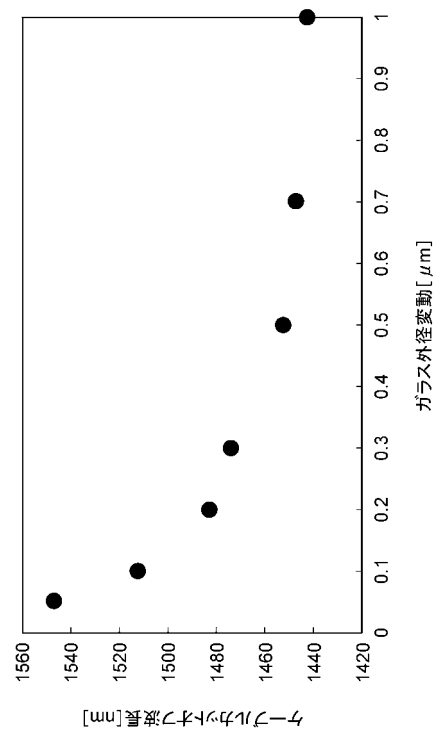
【0028】

1...光ファイバ心線、10...ガラスファイバ(光ファイバ)、20...被覆部、21, 22...保護被覆層、30...着色層、100...光伝送システム、110...光送信器、120...光受信器、130...光伝送路。

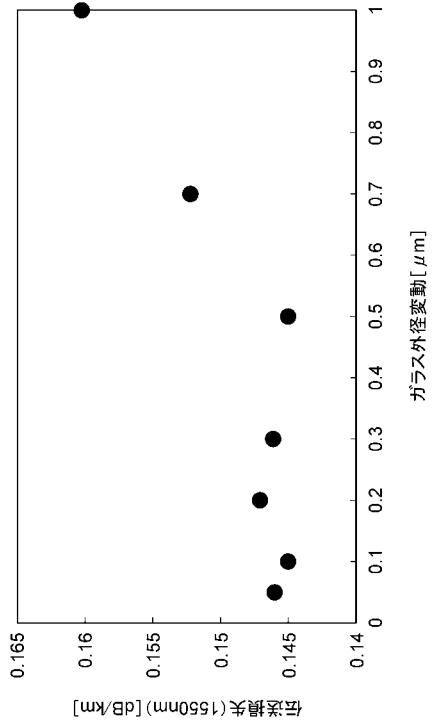
【図1】



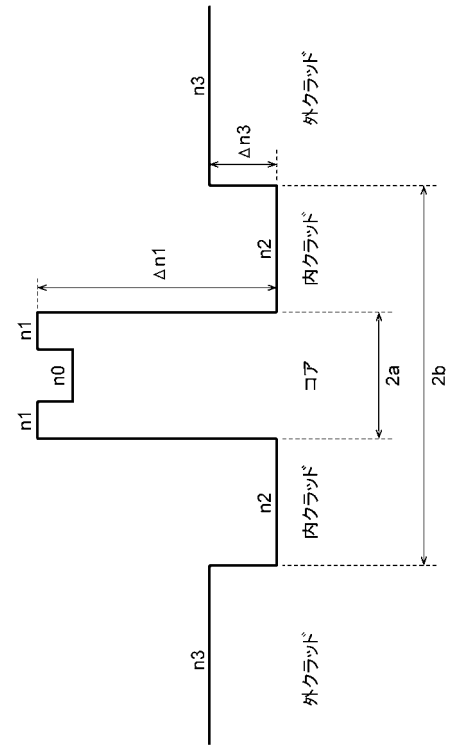
【図2】



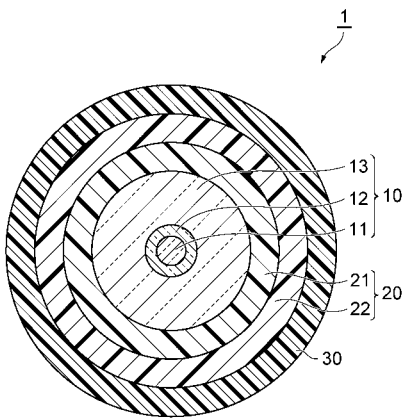
【 図 3 】



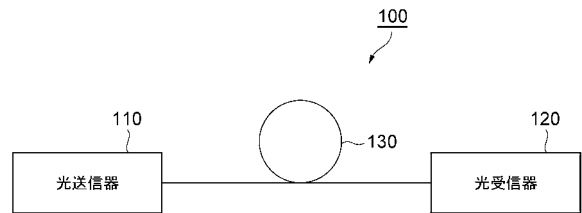
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 川口 雄揮

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内

(72)発明者 田村 欣章

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内

(72)発明者 佐久間 洋宇

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内

Fターム(参考) 2H150 AB04 AB10 AD03 AD04 AD12 AD15 AD17 AD20 AD32 AD33  
AE26 AE29 AH12 AH14 AH22 AH50 BA32 BB02 BC03 BD02  
BD11 BD12 BD17 BD18  
4G021 GA01