

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4131773号
(P4131773)

(45) 発行日 平成20年8月13日(2008.8.13)

(24) 登録日 平成20年6月6日(2008.6.6)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 M 11/00 (2006.01) GO 1 M 11/00 Q

請求項の数 6 (全 6 頁)

(21) 出願番号	特願2000-98732 (P2000-98732)	(73) 特許権者	000002060
(22) 出願日	平成12年3月31日 (2000.3.31)		信越化学工業株式会社
(65) 公開番号	特開2001-281094 (P2001-281094A)		東京都千代田区大手町二丁目6番1号
(43) 公開日	平成13年10月10日 (2001.10.10)	(74) 代理人	100088306
審査請求日	平成18年2月20日 (2006.2.20)		弁理士 小宮 良雄
		(72) 発明者	小山田 浩
			群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内
		(72) 発明者	島田 忠克
			群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内
		(72) 発明者	平沢 秀夫
			群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越化学工業株式会社精密機能材料研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバのカットオフ波長の計算方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コア部とクラッド部とを有する光ファイバ用プリフォームの半径方向の屈折率の分布を測定後、該屈折率測定値に基づき下記スカラー波動方程式(1)

【式1】

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{d\Psi}{dr} \right) + \left[k^2 n^2(r) - \beta^2 - \frac{m^2}{r^2} \right] \Psi(r) = 0 \quad (1)$$

10

(式(1)中、rは光ファイバ用プリフォームの半径、 $\Psi(r)$ は電界分布、kは伝搬定数であって波長の光の波数、nは屈折率、mはLP_{m1}伝搬モードの次数、 β は伝搬モードの位相定数。)

を解き、該伝搬定数kの解の有無の境界となる波長 λ_c を光ファイバのカットオフ波長とする計算方法において、式(1)中のnとして、該光ファイバ用プリフォームの中心から半径rの0.7倍の範囲までは該屈折率測定値を採用し、該半径rの0.7倍から無限遠まではクラッド部のうち半径rの0.15~0.7倍までの屈折率の測定値の平均値を一定値として採用することを特徴とする光ファイバのカットオフ波長の計算方法。

【請求項2】

前記一定値が、前記クラッド部の屈折率の代表値であることを特徴とする請求項1に

20

記載の光ファイバのカットオフ波長の計算方法。

【請求項 3】

前記代表値が、前記光ファイバ用プリフォームの中心から半径 r の $0.15 \sim 0.7$ 倍までの範囲にある前記クラッド部の屈折率の代表値であることを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバのカットオフ波長の計算方法。

【請求項 4】

前記代表値が、平均値であることを特徴とする請求項 3 に記載の光ファイバのカットオフ波長の計算方法。

【請求項 5】

前記スカラー波動方程式(1)が、前記屈折率分布を N 個に分割して、式(1)中の屈折率 n を n_i ($i = 0, 1, \dots, N$) とする有限要素法により解かれることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバのカットオフ波長の計算方法。

10

【請求項 6】

前記屈折率分布が、弱導波近似されていることを特徴とする請求項 5 に記載の光ファイバのカットオフ波長の計算方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光ファイバの原材として用いられるプリフォームについて測定した屈折率分布に基づき光ファイバのカットオフ波長を精度よく計算する方法に関するものである。

20

【0002】

【従来の技術】

シングルモード光ファイバは、基本伝搬モードである $LP_{0,1}$ モードのみを伝搬させて、高次モードである $LP_{1,1}$ モードや更に高次のモードを伝搬させない光ファイバである。 $LP_{0,1}$ モードでは全ての波長で伝搬可能であるのに対し、 $LP_{1,1}$ モードなどの高次モードではカットオフ波長 λ_c より短い波長を伝搬することができ、カットオフ波長 λ_c より長い波長を伝搬できない。

【0003】

このような光ファイバは、図 1 に示すように石英ガラス製であって屈折率の高いコア部 2 と屈折率の低いクラッド部 3 との厚み等を調整して所定の屈折率分布の形状を有する、光ファイバ用プリフォーム 1 を線引したものである。光ファイバ用プリフォームの屈折率分布から、光ファイバのカットオフ波長を計算する方法がいくつか知られている。

30

【0004】

例えばプリフォームのコア部とクラッド部との比屈折率差 Δn と半径 r との値、および定数 k から、

$$\lambda_c = k \cdot r \cdot \Delta n^{1/2} \quad (2)$$

で示される式(2)によって光ファイバのカットオフ波長 λ_c を計算する k -Value 法がある。この方法は屈折率分布が理想的なステップ形状であると仮定しているため、 k の値を統計的に求める必要があるうえ精度が低く、複雑な屈折率分布の形状を有する分散シフトファイバには適さない。

40

【0005】

分散シフトファイバなどのカットオフ波長 λ_c を計算するために、屈折率分布を弱導波近似し、スカラー波動方程式を有限要素法で計算する方法が開示されている (Okamoto, Applied Optics, vol.18, No.13, p.2199-2206, 1979)。この方法はクラッド部の外周以遠の屈折率を外周の屈折率と同一であると外挿して計算するものである。しかし、プリフォームアナライザによる屈折率分布測定の際、プリフォームの浸っているマッチングオイルの温度変化等の影響のため、プリフォームの外周近傍で屈折率の測定値にばらつきが生じる。その結果、再現精度が低かったり、計算値と光ファイバのカットオフ波長の実測値との差異の標準偏差が数 10 nm にも達し実測値との乖離が大きいという問題があった。

【0006】

50

従来の光ファイバのカットオフ波長の計算方法では、その計算結果の信頼性が低く、所望のカットオフ波長を得ることのできない不適格なプリフォームを選別するために利用することができなかった。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は前記の課題を解決するためなされたもので、光ファイバ用プリフォームの屈折率分布測定を行った屈折率に基づき、光ファイバのカットオフ波長を精度よく計算する方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

前記の目的を達成するためになされた本発明の光ファイバのカットオフ波長の計算方法は、コア部とクラッド部とを有する光ファイバ用プリフォームの半径方向の屈折率の分布を測定後、屈折率測定値に基づき下記スカラー波動方程式(1)

【0009】

【式2】

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{d\Psi}{dr} \right) + \left[k^2 n^2(r) - \beta^2 - \frac{m^2}{r^2} \right] \Psi(r) = 0 \quad (1)$$

【0010】

(式(1)中、 r は光ファイバ用プリフォームの半径、 $\Psi(r)$ は電界分布、 k は伝搬定数であって波長 λ の光の波数、 n は屈折率、 m はLP_{m1}伝搬モードの次数、 β は伝搬モードの位相定数。)

を解き、伝搬定数の解の有無の境界となる波長 λ_c を光ファイバのカットオフ波長とする計算方法において、式(1)中の n として、該光ファイバ用プリフォームの中心から半径 r の0.7倍の範囲までは該屈折率測定値を採用し、該半径 r の0.7倍から無限遠まではクラッド部のうち半径 r の0.15~0.7倍までの屈折率の測定値の平均値を一定値として採用し、この範囲を外れ無限遠までは一定値を採用することを特徴としている。

【0011】

このカットオフ波長は、計算機を用いて、スカラー波動方程式(1)に屈折率等を代入して、伝搬定数 k の解の有無を計算し、解のなくなる境界の伝搬係数 k 、すなわち波長 λ_c の光の波数の関数を求め、その波長をカットオフ波長 λ_c として計算したものである。

【0012】

式(1)中の n として、半径 r の0.95倍以下の範囲までは屈折率実測値を採用することにより、屈折率分布測定の際のプリフォームアナライザ中のマッチングオイルの影響を除外することができるので、再現精度が標準偏差で約20nmとなり、再現精度を向上することができる。半径 r の0.95倍以下の任意の範囲までとすることができるが、少なくともこの範囲内にクラッド部を含んでいることが好ましい。0.7倍以下の範囲までとすると、再現精度を標準偏差で約10nmにすることができるため一層好ましい。

【0013】

一定値が、クラッド部の屈折率の代表値とすることで好適に実施することができる。代表値としては、最大値、最小値、平均値、いずれかの測定値を用いることができる。

【0014】

この代表値は、光ファイバ用プリフォームの中心から半径 r の0.15~0.7倍までの範囲にあるクラッド部の屈折率の代表値であることが好ましい。平均値であるとなお一層好ましい。この範囲より大きいと、カットオフ波長 λ_c の計算値と、光ファイバとした後の実測値との差異の標準偏差が5nmを超え、乖離が大きくなってしまう。一方この範囲より小さいと、コア部の形状のばらつきを反映して、実測値と計算値との差異の標準偏差が大きくなってしまう。

10

20

30

40

50

【0015】

スカラー波動方程式(1)が、屈折率分布をN個に分割して、式(1)中の屈折率nを n_i ($i = 0, 1 \dots N$)とする有限要素法により解かれることで好適に実施することができる。有限要素法は、連続する屈折率分布を多くの有限の大きさを持つ要素に細分割し、要素特性を組み立ててスカラー波動方程式の系を解析するというものである。

屈折率分布が、弱導波近似されていると、なお好ましい。

【0016】

この計算方法によれば、様々な屈折率分布の形状を有する実際の光ファイバ用プリフォームからでも、再現精度よく、また実測値との乖離が小さく、光ファイバのカットオフ波長を計算して得ることができる。そのため、線引きしたときに所望のカットオフ波長にならない不適格なプリフォームを、線引きする前に予め的確に効率よく選別して除外しておくことができるので、生産効率がよい。

10

【0017】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を詳細に説明する。

本発明の光ファイバのカットオフ波長の計算方法は、光ファイバ用プリフォームの屈折率分布を測定した後、計算機を用いて屈折率に基づいてスカラー波動方程式を解くことにより、光ファイバのカットオフ波長 λ_c を計算するというものである。

【0018】

先ずプリフォームは、プリフォームアナライザにより屈折率分布が測定される。プリフォームをアナライザのマッチングオイルに浸し、プリフォームの軸心と垂直な方向からレーザー光線を照射し、その屈折量を測定すると、プリフォームの半径方向での屈折率分布が求められる。

20

【0019】

この屈折率分布から、光ファイバのカットオフ波長を計算する方法について、第2次モードが LP_{11} モードである光ファイバを例にして説明する。

【0020】

計算には弱導波近似した屈折率分布を用いる。屈折率分布は、光ファイバ用プリフォームの中心から半径rの0.7倍までは、屈折率の測定値を用い、一方、半径rの0.7倍から無限遠までは、クラッド部のうち半径rの0.15~0.7倍までの屈折率の測定値の平均値を外挿して用いる。屈折率分布を半径方向にN個に分割し、屈折率 n_i ($i = 0, 1 \dots N$)とする有限要素を得る。

30

【0021】

LP_{m1} 伝搬モードの次数mを1とし、光ファイバのスカラー波動方程式(1)を計算機で解き、伝搬定数kを求める。

【0022】

伝搬定数を求める際に解の有無を判定し、解がなくなる境界の伝搬係数kを求める。この伝搬係数に対し $k = 2/\lambda_c$ として求めた波長 λ_c 、すなわちカットオフ波長 λ_c が計算される。

【0023】

同一の光ファイバ用プリフォームについて屈折率分布を測定しカットオフ波長 λ_c を計算により求めたところ、その再現精度は、標準偏差が約10nmと良好であり、線引きして光ファイバとした後に測定したカットオフ波長 λ_c の実測値と計算値との差異の標準偏差は5nmと良好であった。

40

【0024】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように本発明の光ファイバのカットオフ波長の計算方法によれば、様々な屈折率分布の形状を有する現実の光ファイバ用プリフォームからでも、再現精度よくまた実測値との乖離が小さな、カットオフ波長の計算値を得ることができる。線引きすると所望外のカットオフ波長となってしまう不適格なプリフォームを、線引き前に予め的確

50

確に効率よく選別して除外しておくことができるので、生産効率がよい。

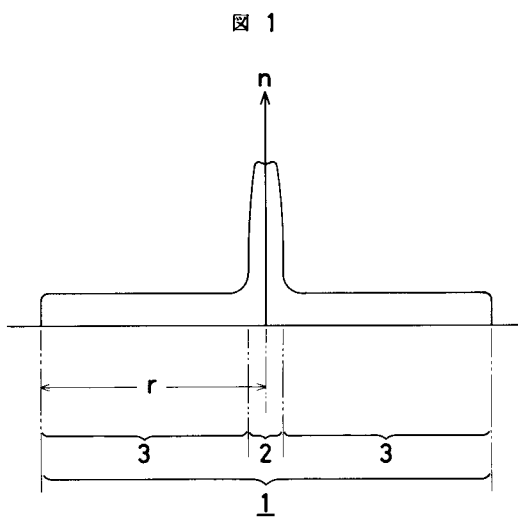
【図面の簡単な説明】

【図 1】 光ファイバ用プリフォームの半径方向の屈折率分布を示す図である。

【符号の説明】

1 は光ファイバ用プリフォーム、2 はコア部、3 はクラッド部、 n は屈折率、 r は半径である。

【図 1】



フロントページの続き

審査官 荒巻 慎哉

- (56)参考文献 特開平06-213770(JP,A)
特開平08-248250(JP,A)
特開昭59-094031(JP,A)
特開平10-289222(JP,A)
特開昭62-203038(JP,A)
特公平03-030121(JP,B2)
特開昭62-283303(JP,A)
特開平01-058484(JP,A)
特開平07-209539(JP,A)
特開平11-287638(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 11/00