

数モード光ファイバの伝搬特性

Propagation Characteristics of a Few Mode Optical Fibers

蔣聞達¹, ○古川慎一², 亀田和則³

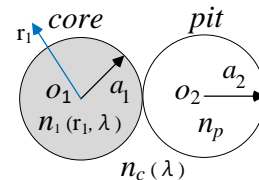
Buntatsu Sho, *Shinichi Furukawa, Kazunori Kameda

Abstract : Recently, the use of a few mode optical fibers in short-distance communication systems such as private lines has attracted attention. In this case, it is necessary to apply the fiber with a structure that reduces crosstalk (increases the propagation constant difference) between modes. In this study, we discuss a structure that can increase the propagation constant difference between modes by using the fiber located pit around a core.

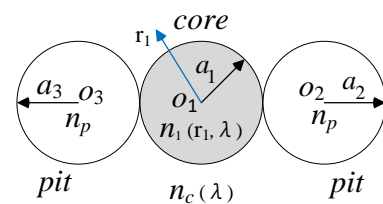
大容量光通信システムでは、マルチコア光ファイバを用いた空間多重方式や数モードファイバを用いたモード分割多重方式が注目され、その研究が活発に行われてきた^{[1]-[3]}。数モードファイバを用いるシステムでは、近年、構内回線等の短距離での利用が注目され、実験や理論による検討結果が報告されている^{[4][5]}。数モードファイバは、モード間のクロストークを低減（モード間の伝搬定数差を大きく）する構造を持つファイバの適用が必要となる。文献^[5]では、3モードを導波する2乗形（グレーデッドインデックス形）とステップインデックス形の屈折率分布を持つ楕円コアファイバについて理論的に解析し、各モード間の伝搬定数差を大きくする構造について明らかにしている。

本研究では、円形コアにピットを配置したファイバ（図1参照）を用いて、導波する複数のモード間の伝搬定数差を大きくできる構造について検討した。解析法は、点積分法と直接数値積分法を組み合わせた手法^[6]を用いている。直接数値積分法は、比較的安定で精度の良い4次のRunge-Kutta法を適用した。本解析法は、コアの屈折率分布が径方向に不均質な場合 $[n_1(r_1, \lambda)]$ についても高精度に解析することができる。

屈折率は波長の依存性を考慮し、コアの屈折率分布は $n_1(r_1, \lambda) = [n_c(\lambda) - n_s(\lambda)][d_1^G(r)/d^G] + n_s(\lambda)$ 、クラッドの屈折率は $n_c(\lambda) = n_s(\lambda)$ で表されるものとする^[6]。ここで、 $n_s(\lambda)$ はSiO₂の屈折率、 $n_c(\lambda)$ はGeO₂の基準値を $d^G = 5.8 \text{ mol}\%$ としたときの屈折率、 $d_1^G(r)$ はGeO₂を添加する濃度である^[7]。具体的には、コアの屈折率分布、コア半径、ピット半径、ピットの数と配置



(a) The case of single circular pit



(b) The case of double circular pits

Figure1 Cross section of analyzed optical fiber

を変化させながら伝搬するモード間の伝搬定数差を大きくする構造を設計する。

参考文献

- [1] 杉崎, 前田, 川崎, 椎野: “六方細密構造で構成した12コアMCF”, 信学技報, OFT2017-52, pp.57-61, (2017).
- [2] H.Kubota, H.Takahara, T.Nalagawa, M.Matsui, and T.Tomioka, “Intermodal group velocity dispersion of few mode fiber”, IEICE Electronics Express, Vol.7, No.20, pp.1552-1556, (2010).
- [3] T.Yamaguchi, S.Miura, and Y.Kokubun: “ Demonstration of true-eigenmode propagation in few-mode fibers by selective LP mode excitation and near-field observation true-eigenmode propagation”, IEICE Electronics Express, Vol.15, No.10, pp.1-12, (2018).
- [4] H.Kubota, M.Ogura, and H.Takara, “Three-mode multi/demultiplexer and its application to 2+1 mode directional optical communication”, IEICE Electronics Express, Vol.10, No.12, pp.1-6, (2013).
- [5] 久保田, 嶺, 三好, 大橋: “モード多重伝送用楕円コア光ファイバの実効屈折率”, 信学技報, OFT2016-46, pp.11-14, (2017).
- [6] H.Matsumaru, S.Tazawa, T.Arakawa, K.Kameda, and S.Furukawa: “ An analysis of Optical Waveguides consisted of Circular Core with Arbitrarily Refractive Index Profiles by Point Matching Method”, URSI-JRSM, BP-33, (2019).
- [7] H.Etzkorn and E.Heinlein: “Low-dispersion single-mode silica fiber with undoped core and three F-doped claddings”, Electron. Lett, Vol.20, No.10, pp.423-424, (1984).
- [8] M.J.Adams: “An introduction to optical waveguide”, John Wiley & Sons, New York, (1981).