

フェムト秒レーザーによる光ファイバ内部加工と屈折率変化の取得

Optical Fiber Internal Processing with Femtosecond Laser and Acquisition of Refractive Index Change

創価大院工, °屋良 朝常, 白石 正彦, 渡辺 一弘, 窪寺 昌一

Soka Univ., °Chojo Yara, Masahiko Shiraishi, Kazuhiro Watanabe, Shoichi Kubodera

E-mail: e19m5205@soka-u.jp

フェムト秒レーザーを用いて石英系シングルモード光ファイバのコア部に空洞化領域（キャビティ）を作製し、キャビティを光ファイバ伝搬方向に複数配列させることで、コア内の伝搬光からクラッピングモードを誘起させることができる。これまでにこのクラッピングモードを用いてファイバ外界の屈折率変化を取得できることを明らかにした[1]。さらに、光ファイバセンサ部外周にPdナノ粒子を固定化することにより、水素吸蔵によるセンサ部外周の誘電率変化を取得することもできる[2]。本稿では、フェムト秒レーザーによる光ファイバ内部への加工から、光学顕微鏡観察により加工結果の形状・大きさを観測し、構築するキャビティの配列長も考慮し、形成したセンサ部外周の屈折率変化による光ファイバ透過光特性を評価した。光ファイバセンサを用いる水素検知システムに向けてのセンサの屈折率応答特性の制御を試みた。

キャビティを作製するために、コア径 $9\ \mu\text{m}$ 、クラッド径 $125\ \mu\text{m}$ の石英系 SI 光ファイバを材料として選定した。波長 $800\ \text{nm}$ 、パルス幅 $210\ \text{fs}$ のフェムト秒レーザーを光ファイバに集光照射しキャビティを形成した。繰り返し周波数、パルスエネルギーはそれぞれ $1\ \text{kHz}$ 、 $0.7\ \mu\text{J}$ とした。開口数 0.45 、焦点距離 $4\ \text{mm}$ の対物レンズを用いて、集光位置が光ファイバのコア中心の位置となるよう調整した。照射パルス数はキャビティ 1 個あたり 20 回とし、隣り合うキャビティ同士の中心間隔が $20\ \mu\text{m}$ となるように形成した。

作製したキャビティを含む光ファイバの光学顕微鏡写真を Fig. 1 に示す。Fig. 1 は光ファイバを、伝搬方向に垂直な位置から撮影した CCD カメラによる画像である。コア中央部に、光ファイバ伝搬光の伝搬方向にキャビティ列が形成されていることが確認できる。キャビティ 1 つあたりの直径は $5\sim 8\ \mu\text{m}$ であった。加工領域の長さは $500\ \mu\text{m}$ であり、合計 26 個のキャビティを作製した。以上の構成で形成したキャビティ列を有する光ファイバを用いて光ファイバ外周の屈折率変化による光ファイバ透過光特性を取得した。

屈折率変化による光ファイバ透過光特性取得実験には、波長 $1550\ \text{nm}$ の SLD 光源を用いた。光ファイバセンサ部を透過した光強度スペクトルはスペクトラムアナライザを用いて取得した。Fig. 2 にセンサ部周囲の屈折率変化による光強度スペクトルの透過光特性について示す。試料なしの状態における光強度スペクトルを基準に、センサ部に純水、エタノールを浸漬させた際の透過光強度スペクトルを取得した。センサ部外周の屈折率増加に伴い、 $2.5\ \text{nm}$ のピーク波長シフトを観測した。以上の結果から、光ファイバコア径程度の直径を有するなキャビティを形成することで光ファイバ伝搬光のクラッピングモードを誘起できることが明らかとなり、屈折率 $1.333\sim 1.362$ の間で波長シフトを観測できることを示した。

[1] Naoki Chinen, et. Al. Proc. SPIE vol. 9750, 97501E (2016). [2] 天野ら, 電子情報通信学会 光ファイバ応用技術研究会(OFT), vol. 117, no. 197, pp. 17-20 (2017).

謝辞：本研究は（公財）天田財団の助成を受けたものである。

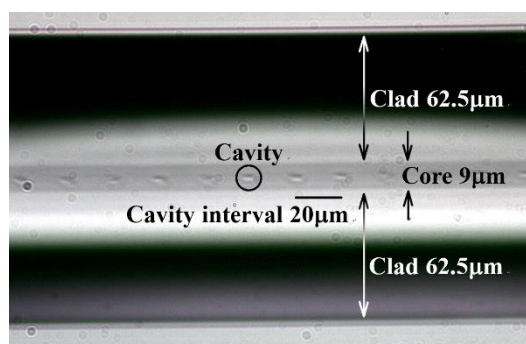


Fig. 1 Photograph of micro cavities produced inside a fiber core

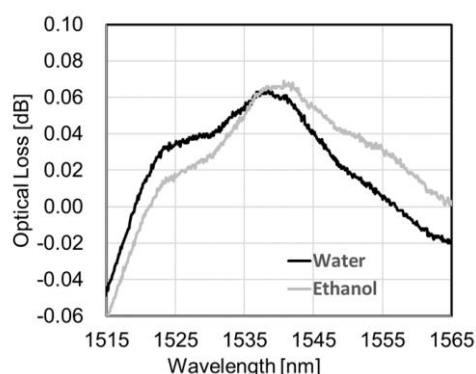


Fig. 2 Transmission spectra with water and ethanol as surrounding materials. Wavelength shift is caused by the different refractive indices of materials.