

光ファイバセンサ化のためのフェムト秒レーザ内部加工による 光導波干渉現象の誘起

Interference of optical waveguide for an optical fiber sensor induced by using femtosecond laser internal processing

創価大理工¹, 産総研² ○(M2)知念 直樹¹, (D)白石 正彦¹, 合谷 賢治²,
関 篤¹, 窪寺 昌一¹, 渡辺 一弘¹

Soka Univ.¹, AIST.², °NaokiChinen¹, Masahiko Shiraishi¹, Kenji Goya²,

Atsushi Seki¹, Shoichi Kubodera¹, Kazuhiro Watanabe¹

E-mail: e15m5216@soka-u.jp

1. 研究背景

近年, 光ファイバへのセンシング機能付与の技術開発が盛んに行われている. 先行研究では, 熱加工後, 光ファイバに張力を与えることで, 光ファイバの径を任意の太さに変化させ, クラディングモードを誘起し, コア層を伝搬する光と干渉させている. 発生した光強度の干渉スペクトルが波長シフトすることにより, 光ファイバ外界の屈折率変化や張力の検知を行う手法が報告されている^[1]. 本研究では, フェムト秒レーザを用いて, コア層を伝搬する光をクラッド層へ取り出す構造を構築した. クラッドを伝搬する光は, 光ファイバ外界の屈折率変化に影響を受け, コア層を伝搬する光に干渉を与える. 外界の屈折率変化に対する光強度スペクトルの計測結果から, 作製したセンサ構造の評価を行う.

2. 実験概要

2.1. センサ構造の作製

Ti:Sapphire レーザ (波長: 800 nm, パルス幅: 210 fs) を用いて石英系シングルモード光ファイバ (コア径: 9 μm , クラッド径: 125 μm) に内部加工を施し, 空洞化領域 (ボイド) を生成した. レーザ照射条件は光ファイバ表面に損傷を与えずにボイドが生成されるように設定した. 対物レンズ (NA: 0.45) を用いてビームウエストを 1.46 μm まで絞り, パルスエネルギー 18 μJ の単パルス照射により 1 つのボイドを生成した. 作製したセンサ構造の概略図を Fig.1 に示す. 光ファイバコアークラッド境界上に 400 個のボイドを 10 μm 間隔で一列に配列した.

2.2. 伝搬光の光強度スペクトル測定

センサ構造周囲の光ファイバ外界屈折率変化に伴う, 伝搬光の光強度スペクトルを計測した. 計測には白色光源 (AQ 4305, YOKOGAWA) とスペクトラムアナライザ (AQ-6315A, ANDO) を用いた. 光ファイバ外部が空気, 水, エタノール, グリセリン水

溶液 (屈折率はそれぞれ, 1.000, 1.333, 1.361, 1.459), の場合について光強度スペクトルを取得した.

3. 実験結果と考察

Fig.2 にセンサ部を透過した伝搬光の光強度スペクトルを示す. センサ部を空気, 水に浸したとき, コアークラッドモード間で振幅 0.20 dB の干渉スペクトルが発生し, 屈折率幅 1.000–1.333 に対して 31.8 nm/RIU の波長シフトが確認できた. センサ部をエタノール, グリセリン水溶液に浸した場合は, 干渉スペクトルを確認できなかった. これらの結果は, 外界の屈折率が光ファイバクラッドの屈折率に近づき, クラッド-外界境界での全反射角とクラディングモードの光路長が変化したことが原因として考えられる.

今回, 光ファイバコアークラッド境界にボイドを一直線上に配列することで, 光ファイバ内の伝搬光に干渉を与えることができた. 干渉スペクトルが発生する屈折率幅を広げるために, コア層からクラッド層へ取り出された直後の位相が揃うようにクラディングモードを誘起させる必要がある. つまり, 光ファイバ断面で対称なセンサ構造を作製し, 位相の揃ったクラディングモードによって干渉スペクトルの振幅を増幅させることで, 干渉スペクトルが発生する屈折率幅を広げることができる.

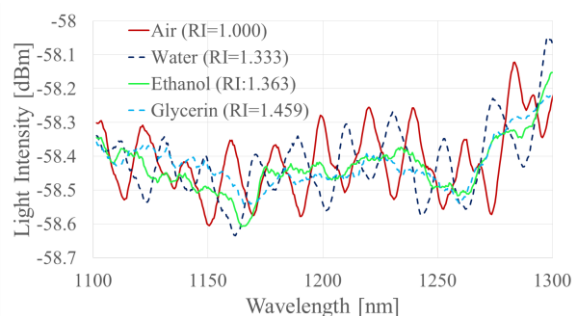


Fig.2 Interference spectra of transmitting lights.

4. 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24510126, 15K04735 の助成を受けたものである.

参考文献

1. A. A. Jasim, etc., "Refractive index and strain sensing using inline Mach-Zehnder interferometer comprising perfluorinated graded-index plastic optical fiber," ELSEVIER, Sens. Actuators A 219 (2014) 94-99.

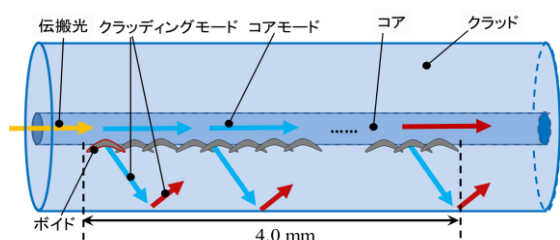


Fig.1 The structure of proposed sensor.