

POF に描画した FBG による接触センシング：グレーティング数の影響の解明

Touch sensing using FBG inscribed in POF: effect of grating number

○北村 ののか¹, ハムザ ジャビッド¹, 渡邊 俊介², 李 ひよん³, 水野 洋輔¹

¹横浜国立大学 大学院工学研究院 ²オキサイド ³芝浦工業大学 大学院理工学研究科

ONonoka Kitamura¹, Hamza Javid¹, Shunsuke Watanabe², Heeyoung Lee³, and Yosuke Mizuno¹

¹Yokohama National University ²OXIDE ³Shibaura Institute of Technology

E-mails: kitamura-nonoka-pt@ynu.jp, mizuno-yosuke-rg@ynu.ac.jp

1. はじめに

光ファイバセンサは、電気センサにはない多くのメリットを有しており、昨今の研究開発の進展が著しい。光ファイバセンサは大きく 2 種類に分類され、1 つは分布型センサであり、光ファイバ全長の任意の位置で物理量の測定が可能である[1]。もう 1 つは点型センサであり、ファイバ・ブラッグ・グレーティング (FBG) を用いたセンサが代表的である[2]。一般に、点型センサの方が分布型センサよりも測定精度が高い。ここでは、点型センサに焦点を当てる。

シリカ単一モードファイバ (SMF) に描画した FBG は広く使用されているが、数%の歪で破損してしまうという欠点がある。これに対して、プラスチック光ファイバ (POF) は歪への耐性が高い。従来はアクリル POF を用いた研究が主流であったが、近年では通信波長帯での光伝搬損失が低い全フッ素化屈折率傾斜型 (PFGI-) POF も脚光を浴びている。

2022 年、我々は PFGI-POF に描画した FBG を用いた接触センシングを提案し、FBG と物体の距離が近づくにつれて透過光パワーが減少し、接触時に最小となることを明らかにした[3]。また、光サーキュレータを用いた反射型の構成でも、接触センシングの動作を実証した[4]。ただし、これらはグレーティング数が 500 の PFGI-POF-FBG を用いた際の結果であった。グレーティング数が接触センシングの特性に与える影響は、まだ解明されていない。

そこで本研究では、グレーティング数を 1, 10, 100 とした 3 つの PFGI-POF-FBG サンプルを用いて、接触センシングの動作を検証した。

2. 実験条件

用いた PFGI-POF は、コア (直径: 50 μm 、屈折率: ~ 1.35)、クラッド (厚み: 10 μm 、屈折率: ~ 1.34)、および、オーバークラッド (外径: 490 μm) の 3 層構造である。コアとクラッドは透明フッ素樹脂 (CYTOP®)、オーバークラッドはポリカーボネートから構成される。フェムト秒レーザにより PFGI-POF のコアに 1 行ずつ直接グレーティングを描画することで FBG を作製した。グレーティング数が 1, 10, 100 の 3 種類の PFGI-POF-FBG サンプルを用意した。長さは全て 0.4 m とした。

PFGI-POF-FBG に基づく接触センシングの動作検証に用いた実験系を Fig. 1 に示す。シード光が 1070 nm のスーパーコンティニューム (SC) 光源からの超広帯域出力光を PFGI-POF-FBG に入射し、透過光スペクトルを光スペクトラムアナライザ (OSA) で観測した。接触させる物体は、大きさ 20 $\times$ 20 $\times$ 50 mm のゴムとした。PFGI-POF 上の 3 か所、(A) FBG から光源側に約 5 cm 離れた点、(B) FBG 直上、(C) FBG から OSA 側に約 5 cm 離れた点、に物体を接触させた。

3. 実験結果と考察

波長 1000–1500 nm におけるグレーティング数 100 のサンプルを用いた場合の透過光スペクトルを Fig. 2(a) に示す。また、波長 1146 nm 付近の拡大図を Fig. 2(b) に示す。1146 nm 付近を含む一部の波長範囲で、FBG 上に物体を接触させたとき (B) のみ、パワーが顕著に減少した。また、Fig. 3 は、PFGI-POF 上の各点に物体を接触させ、その約 6 秒後に接触を解除したときの、波長 1146 nm におけるパワーの時間変化である。物体の FBG との接触状態に応じて、顕著なパワーの増減が確認された。なお、接触時の立ち下がり時間は約 0.70 秒、解除時の立ち上がり時間は約 1.28 秒であった。

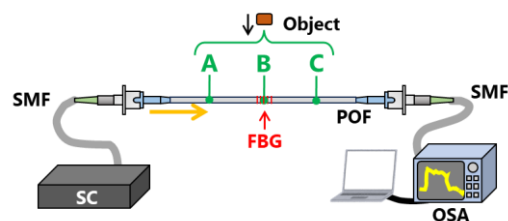


Fig. 1. Experimental setup. FBG: fiber Bragg grating, SC: supercontinuum, SMF: single-mode fiber, OSA: optical spectrum analyzer, POF: plastic optical fiber.

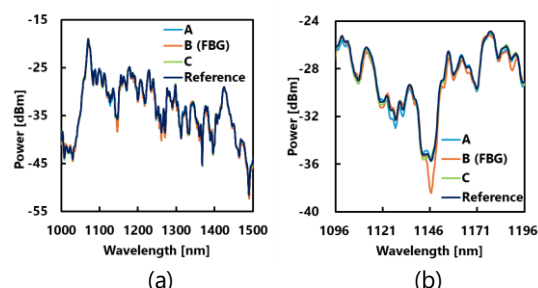


Fig. 2. (a) Wideband optical spectra measured with the POF-FBG containing 100 gratings: spectra when the object is not touched (reference) and when touched at points A, B (FBG), and C. (b) Magnified view around 1146 nm.

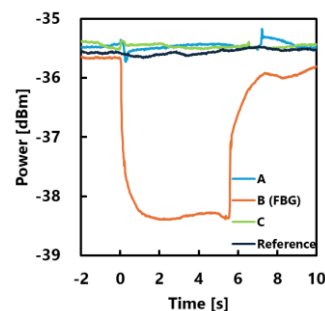


Fig. 3. Temporal power variations when the object is touched at positions A, B (FBG), and C. The power variation without touching is also displayed for reference.

先行研究 (グレーティング数 500) では広い波長帯で接触に伴うパワー変動が観測されたが[3]、本実験 (グレーティング数 100) では一部の波長付近でのみパワー変動が観測された。また、グレーティング数 1, 10 のサンプルでは、どの波長帯においても接触センシングの動作は確認できなかった。以上より、グレーティング数は、接触センシング動作に伴うパワー変化が生じる波長帯域の広さと正の相関があると考えられる。波長帯を細かく調整せずに動作させるためには、数 100 程度以上のグレーティング数が望ましいといえる。

参考文献

- [1] Y. Mizuno, et al., *Light: Sci. Appl.* **5**, e16184 (2016).
- [2] R. Kashyap, *Fiber Bragg Gratings* (Academic, San Diego, CA, 1999).
- [3] K. Noda, et al., *Appl. Phys. Express* **15**, 122005 (2022).
- [4] H. Javid, et al., *Appl. Phys. Express* **16**, 112001 (2023).