

# 機械誘起長周期光ファイバグレーティングの反射型カスケード構造の特性評価 Characterization of cascaded LPGs mechanically induced by reflective configuration

○李ひよん<sup>1</sup>、野田康平<sup>2,3</sup>、中村健太郎<sup>2</sup>、水野洋輔<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 芝浦工大 工学部 <sup>2</sup> 東工大 未来産業技術研究所 <sup>3</sup> 横浜国大 大学院工学研究院

○Heeyoung Lee<sup>1</sup>, Kohei Noda<sup>2,3</sup>, Kentaro Nakamura<sup>2</sup>, and Yosuke Mizuno<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Shibaura Institute of Technology <sup>2</sup> Tokyo Institute of Technology <sup>3</sup> Yokohama National University

## 1. はじめに

光ファイバグレーティングのうち、屈折率変調の周期が 100  $\mu\text{m}$  から 1 mm 程度のを長周期グレーティング (LPG) と呼ぶ[1,2]。LPG は、コア伝搬モードとクラッド伝搬モードを結合する。LPG を透過した光のスペクトルは、クラッドモードに対応する複数の波長にディップを生じる。この波長は LPG に印加されている温度変化や歪に依存して変化するため、LPG の透過スペクトルを用いて温度・歪センサを作製することが可能である。

LPG のディップの線幅を狭くし、測定精度を向上させるために、これまでに LPG をカスケード構造にする手法が提案されている[3,4,5]。特に、透過スペクトルのディップのスロープを利用し、波長情報をパワー情報に変換して高速に温度や歪 (振動) を計測する場合には、それらの測定感度も向上する[5,6]。しかし、単一モードファイバ (SMF) に紫外線照射を用いて 2 つの同一の LPG を描画するのは比較的高コストであった。これを受け、我々は、1 つの LPG を機械的に誘起させ、SMF 端面のフレネル反射を利用した反射型の構成とすることで、カスケード LPG を低コストで実装する手法を提案した[7]。その際、ごく基本的な特性については報告したものの、精緻な特性評価は未報告であった。

そこで、本発表では、機械誘起 LPG の反射型カスケード構造について、温度依存性と歪依存性を調査した。

## 2. 原理

カスケード LPG は、コアモードとクラッドモード間でマッシュツェンダ干渉計を構成し、周期的なディップを含む透過スペクトルを生じる。それぞれのディップの線幅は、単一 LPG の場合よりも極端に狭く、高精度な温度・歪計測が可能となる。従来は 1 本の SMF に 2 つの LPG を描画することで構成されていたが、反射型の構成とすることで 1 本の SMF に 1 つの LPG を描画するだけでカスケード構造を作製することが可能となる[7]。また、LPG は紫外線照射で描画するのが一般的であるが、弾塑性効果を用いて周期的な圧力を SMF に印加することでもダイナミックかつ低コストの描画が可能である[8]。

## 3. 実験方法

機械誘起 LPG の反射型カスケード構造の実験系を Fig. 1(a) に示す。全てのファイバはシリカ SMF である (コア径 8  $\mu\text{m}$ )。LPG は、Fig. 1(b) に示す治具を用いて機械的に誘起した (LPG 長 35 mm、グレーティングピッチ 600  $\mu\text{m}$ 、ねじにより荷重を制御)。広帯域光源の出力をカスケード LPG に入射し、反射光を光スペクトラムアナライザで観測した。測定ファイバの先端は垂直に切断し、フレネル反射を最大化した。ファイバの先端と LPG までの距離は 200 mm とした。複数のディップのうち、最も明瞭な波長帯を選んで測定を行った。温度依存性は、カスケード LPG 全体を恒温槽に設置して測定した。歪依存性は、LPG から 100 mm 離れた点までの区間に歪を印加して測定した。

## 4. 実験結果

温度依存性の結果を Fig. 2(a)(b) に示す。高温になるにつれ、ディップは長波長側にシフトした。そのディップ波長の温度依存性は、0.045 nm/ $^{\circ}\text{C}$  であった。この値は、透過型の構成での値[9]の 4.3 倍である (ただし、多くの実験条件が異なるので、必ずしも公平な比較ではないことに注意)。また、歪依存性の結果を Fig. 3(a)(b) に示す。歪の印加に伴い、ディップは同じく長波長側にシフトした。そのディップ波長の歪依存性は、9.4 nm/% であった。歪依存係数は、歪を印加する区間に大きく影響を受けると考えられ、

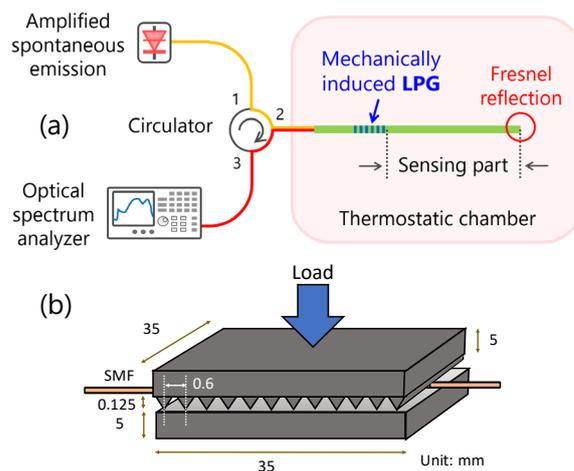


Fig. 1. (a) Experimental setup. (b) Mechanical induction of LPG.

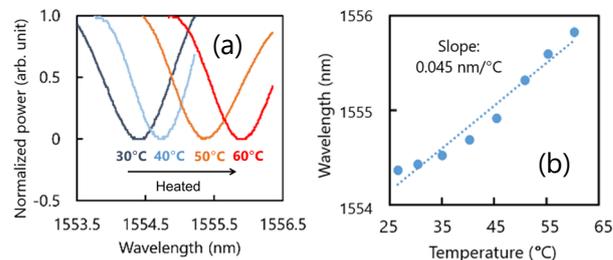


Fig. 2. Temperature dependencies of (a) the spectral dip and (b) its wavelength. The dotted line is a linear fit.

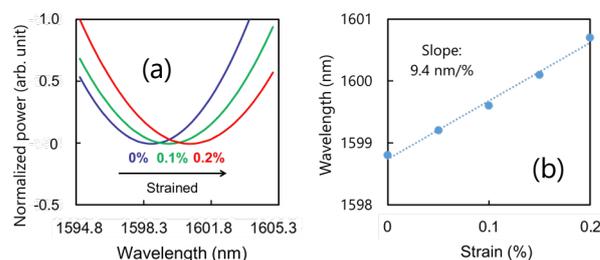


Fig. 3. Strain dependencies of (a) the spectral dip and (b) its wavelength. The dotted line is a linear fit.

今後の解明が望まれる。

## 参考文献

- [1] A. D. Kersey, et al., *J. Lightwave Technol.* **15**, 1442 (1997).
- [2] S. W. James & R. P. Tatam, *Meas. Sci. Technol.* **14**, R49 (2003).
- [3] X. J. Gu, *Opt. Lett.* **23**, 509 (1998).
- [4] B. H. Lee and J. Nishii, *Appl. Opt.* **38**, 3450 (1999).
- [5] S. Tanaka, et al., *Proc. SPIE* **9157**, 91571H (2014).
- [6] M. Takeuchi, et al., *CLEO-PR 2013*, ThF1\_4.
- [7] A. K. Das ほか, 2019 年秋応物, 20p-PA6-11.
- [8] S. Savin, et al., *Opt. Lett.* **25**, 710 (2000).
- [9] B. A. L. Gwandu, et al., *Electron. Lett.* **38**, 695 (2002).