

多モード誘導ブリルアン散乱による高感度ファイバ歪み測定

High sensitivity fiber strain measurement by multimode stimulated Brillouin scattering

東京農工大 °遠藤 佑真, 長谷川 貴大, 尾崎 裕太, 田中 洋介

Tokyo Univ. of Agri. and Tech., °Yuma Endo, Takahiro Hasegawa, Yuta Ozaki, Yosuke Tanaka

E-mail: s155466r@st.go.tuat.ac.jp

光ファイバ内での誘導ブリルアン散乱を利用した光ファイバセンシングは、構造ヘルスマニタリングへの応用が期待されている技術で、ブリルアン周波数シフト (BFS: Brillouin frequency shift) が、ファイバの温度・歪みに対して線形に変化する性質を利用している。一般的なファイバにおける温度に対する BFS の変化量は約 1 MHz/°C である。一方、歪みに対する BFS の変化量は約 50 kHz/ $\mu\epsilon$ と比較的小さい。そのため、歪みのブリルアンセンシングには、より高感度な測定が求められる。

本研究では、多モード光源による高感度測定 [1-3] をファイバ歪みの測定に応用することを提案する。Fig. 1 に多モード光源による高感度測定の原理を示す。中心波長 1.5 μm の多モードポンプ光 (モード間隔: ν_1) の各モードに対して、BFS (約 10.8 GHz) だけ低周波側にシフトした周波数を中心にブリルアン利得スペクトル (BGS: Brillouin gain spectrum) が発生する。ポンプ光とモード間隔が少しだけ異なる多モードプローブ光 (モード間隔: ν_2 ($>\nu_1$)) を対向入射すると、プローブ光の各モードが、それぞれ対応する BGS と重なる位置は一定間隔 ($\nu_1 - \nu_2$) ずつずれることになる。各 BGS によって増幅された多モードプローブ光の包絡線より得られる BGS は、周波数軸方向に $\nu_2/(\nu_2 - \nu_1)$

倍拡大されたものになる。周波数シフト量の変化も同様に拡大されるため、ファイバ歪みの変化を高感度にとらえることができる。

本研究では、円筒型ピエゾ素子に多層巻きした 30 m のファイバを被測定ファイバとし、歪みの変化量を電気信号で制御できるようにした。モード数をポンプ・プローブともに 3 モード、モード間隔をポンプ 12.5 GHz、プローブ 12.51788 GHz とすることで拡大率を 700 倍に設定して測定を行ったところ、6.97 MHz/V の周波数シフトを確認できた。事前に測定した電圧に対する歪みの変化率 (0.67 $\mu\epsilon/\text{V}$) を用いて換算すると、10.4 MHz/ $\mu\epsilon$ での高感度測定が実現できたといえる。

本研究は、科学研究費補助金 (JP16H04374, JP18K18852) による助成を受けた。

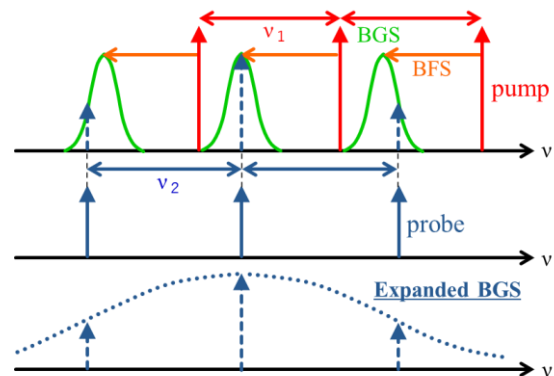


Fig.1 Stimulated Brillouin scattering by multimode pump and probe.

参考文献

- [1] Y. Tanaka and Y. Ozaki, Appl. Phys. Express, vol. 10, no.6, 062504, 2017.
- [2] 尾崎、田中、第64回応用物理学会春季学術講演会、16p-418-3、2017年3月。
- [3] 尾崎、田中、光波センシング技術研究会、LST59-16、pp.107-114、2017年6月。