

広帯域波長掃引レーザを用いた光ファイバセンサの高密度・高速計測に関する検討

Consideration in High-Speed Measurements of High-Density Optical Fiber Sensor

with Broadband Wavelength-Swept Laser

○山口達也¹, 中本瑛², 篠田之孝¹

*Tatsuya Yamaguchi¹, Akira Nakamoto², Yukitaka Shinoda¹

Abstract: We present a high-speed measurement of fiber Bragg gratings (FBGs) with broadband wavelength-swept laser. This laser introduces multiple optical amplifiers with different amplification wavelengths to overcome sweep bandwidth limitation. The laser operates at a sweep rate of 50.7 kHz and a sweep bandwidth of 120 nm, helping to place the FBG sensor in high density.

光ファイバセンサであるファイバブラッググレーティング (FBG) はセンサ部に電源が不要である, 細径で軽量である, 腐食に強いなどの特徴があり, 優れた振動センサとして知られている^[1,2]. 筆者らはこれまでに, 波長掃引レーザを用いた FBG の計測システムを開発し, 最高で測定時間分解能 4.9 μ s の高速計測を報告している^[3]. 本稿ではセンサの高密度化を図るため, 掃引帯域 120nm の広帯域波長掃引レーザ^[4]を構築し, FBG の反射スペクトル測定を試みた.

Fig.1 は広帯域波長掃引レーザを用いた FBG の測定装置である. 広帯域波長掃引レーザは広帯域化を図るため, 増幅波長域の異なる 2 台の光増幅器を用いており, 掃引周波数 $f_m=50.7$ kHz, 掃引帯域 $\Delta\lambda=120$ nm (中心波長 1544nm) で動作する^[4]. 計測システムではレーザの射出光を光スイッチに入射し, 短波長から長波長方向の掃引 (順掃引) を抽出する. さらに, 抽出した光をバッファステージに入射することで, 順掃引の光を 2 重に多重化し, 9.9 μ s ($=1/2f_m$) ごとに掃引を行う^[3,4] (Fig.2(a)). ここで, 測定対象の FBG のブラッグ波長を λ_B とすると, レーザの掃引波長と FBG のブラッグ波長が一致した時間において, 反射光が検出される (Fig.2(b)). FBG のブラッグ波長は反射光の検出時間をレーザの掃引波長と対応付けることで算出できる. 実験は 1500nm~1580nm の領域で 5 つの FBG を多重化し, ひずみ及び振動による反射スペクトルの変化を測定できることを示す. このため, 1 つの FBG あたり 5nm の波長帯域を設けることで, 16 個程度の高密度化が可能になる.

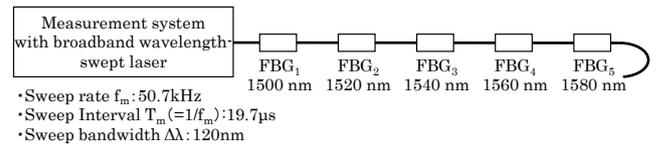


Figure 1. FBG measurement with broadband wavelength swept laser.

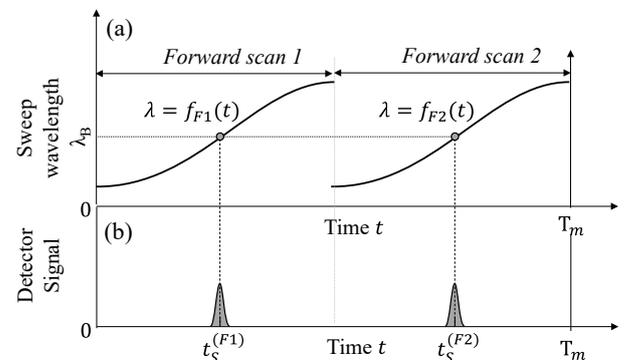


Figure 2. Measurement method with broadband wavelength swept laser. (a) sweep waveform of laser, (b) reflection signals of FBG.

謝辞

この研究の一部は, 科研費若手研究 20K14754, 及び日本大学理工学部研究助成金の援助を受けて行われた.

参考文献

- [1] Q. Liu *et al.*: "An integrated design of ultra-high-speed FBG interrogation system-based on FDML laser", *IEEE Photon Technol Lett*, Vol. 32, No. 19, pp. 1245–1248, 2020.
- [2] T. Yamaguchi, K. Ishihara, and Y. Shinoda: "Field-programmable gate array-based multichannel measurement system for interrogating fiber Bragg grating sensors", *IEEE Sensors J.*, Vol. 19, No. 15, pp. 6163–6172, 2019.
- [3] T. Yamaguchi, W. Endo, and Y. Shinoda: "High-speed interrogation system for fiber Bragg gratings with buffered Fourier domain mode-locked laser", *IEEE Sensors J.*, Vol. 21, No. 15, pp. 16659–16669, 2021.
- [4] 山口達也, 中本瑛, 篠田之孝: "広帯域波長掃引レーザを用いたファイバブラッググレーティングによる振動測定", 電気学会光応用・視覚研究会, LAV-21-011, 2021.