

Si-APD 二光子吸収応答を利用した多点 FBG センシングにおけるアンダーサンプリングの検討

Investigation of undersampling in multi-point FBG sensing using two-photon absorption process in Si-avalanche photodiode

農工大工, °(M2) 宮澤 弘将, 田中 洋介

Tokyo Univ. of Agri. & Tech., °Hiromasa Miyazawa, Yosuke Tanaka

E-mail: s176494v@st.go.tuat.ac.jp, tyosuke@cc.tuat.ac.jp

近年、建設から 50 年以上経過する橋梁、トンネル、ビル等の様々な構造物の老朽化が問題視されており、メンテナンスや監視の重要性が増している。その要求に応える構造ヘルスモニタリング技術のひとつに、光ファイバ回折格子(FBG: fiber Bragg grating)を用いたセンシングがある。FBG は歪みや温度変化により反射波長が変化するため、広帯域光源や波長掃引光源を使えば、簡単に歪みや温度を測定できる。FBG センシングでは、一般に反射波長の異なる FBG を複数使うことで、各 FBG を識別する。一方、設置位置によって FBG を識別できれば、中心波長の等しい FBG を同時に使用でき、設置密度を高めることができる。また、隣り合う FBG 間のファイバに加わった歪みや温度変化についても、各 FBG の位置変化からその平均値を測定できる。我々はこれまで、Si-APD 二光子吸収応答を利用した FBG センシング[1]、および光ファイバ長手方向に多点配置した FBG までの距離と FBG のスペクトルの一括同時測定[2]を提案している。この測定では、プローブ光と参照光について、波長の掃引と強度変調周波数の離散的掃引を行う。測定分解能は強度変調周波数の掃引範囲が広いほど高く、測定レンジは掃引ステップが小さいほど広い。そのため、光ファイバの長手方向に FBG を多点配置する多点形 FBG センサでは、遠方の FBG の位置で周波数掃引ステップが決まる。その結果、光源により近い側にある FBG までの距離測定にとっては過剰なデータをとっており測定時間の拡大につながっていた。そこで今回の研究では、測定時間の短縮化できるようアンダーサンプリングによる取得データ数の削減を検討した。

Fig.1 に実験系を示す。反射率 0.3% で反射中心波長が等しい 2 つの FBG (FBG1、2) を 1.5 km のファイバの両端に取り付け、各 FBG までの距離を同時に測定した。波長 1550nm、および 1552nm のレーザー光をそれぞれプローブ光、参照光とし、同じ周波数 f_m で強度変調を加えた。さらに、プローブ光にはロックイン検波のため、20 kHz で強度変調をかけた。また、変調周波数の掃引幅は 100MHz とし、理論空間分解能を 3m に設定した。以上の条件下で、変調周波数の掃引ステップ Δf_m が (a)0.02 MHz と(b)0.085 MHz の 2 通りを検討した。(a)は従来通り、遠方にある FBG2 に合わせた設定であり、FBG1、2 ともに本来の伝搬長差 ΔL が測定できる。一方、(b)では手前にある FBG1 は本来の伝搬長差 ΔL が測定できるが、FBG2 についてはサンプリング定理のナイキスト条件を満たしていないため、見かけの伝搬長差 ΔL_g を測定することになる。しかし、提案するセンシング系では FBG のだいたいの位置があらかじめ分かっているため、見かけの伝搬長差 ΔL_g から本来の伝搬長差 ΔL を計算できる。Fig.2 に測定結果を示す。FBG1 については(a)、(b)で測定結果が一致している。FBG2 については(a)では本来の伝搬長差 ΔL 、(b)では見かけの伝搬長差 ΔL_g が測定されているため、測定結果が異なる。しかし、(b)の測定結果 $\Delta L_g=526.9\text{m}$ から計算される本来の伝搬長差は $\Delta L=3.0\times 10^3\text{m}$ であり、(a)の測定結果とよく一致している。測定データ数は(a)が 5000 点、(b)が 1176 点となった。従来手法に比べ、距離測定において強度変調周波数の掃引ステップを大きくして測定する本手法は、過剰なデータ取得を回避できるため、測定時間短縮につながる事が確認できた。

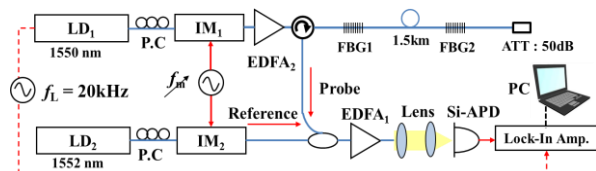


Fig.1 Experimental setup.

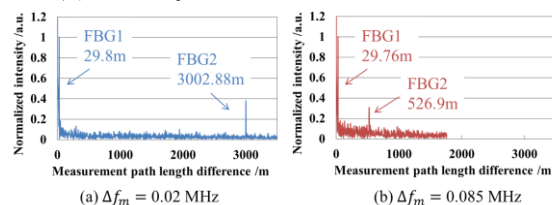


Fig.2 Measurement results.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 (16H04374) の助成を受けた。

参考文献

- [1] Y. Tanaka, M. Nemoto, Y. Yamada, *IEEE J. Lightwave Technol.*, **36**, issue.4, pp. 1192-1196, 2018.
- [2] Y. Tanaka, H. Miyazawa, *IEEE J. Lightwave Technol.*, **36**, issue.4, pp. 1032-1038, 2018.