

偏波保持型低反射率 FBG-FPI による温度とひずみの同時測定における測定分解能の評価

Measurement Resolution in Simultaneous Measurement of Temperature and Strain by Low Reflectivity FBG-FPI on Polarization Maintaining Fiber

防衛大 ○和田 篤、岡野 真人、田中 哲

National Defense Academy, ○Atsushi Wada¹, Makoto Okano, Satoshi Tanaka

E-mail:a24wada@nda.ac.jp

光ファイバをセンサ素子として利用する光ファイバセンシング技術は、通常の電気式センサに比べ、細径、軽量、耐電磁干渉性などのさまざまな優位性を持つ。とりわけ、光ファイバブラッググレーティング (FBG) と呼ばれる光ファイバ型のデバイスを用いたセンシングは、センシング部位の局在化が可能、構成が簡単、小型化が容易、といった特徴があり、これを利用した、温度、ひずみ、音圧、固体振動といった物理量の計測手段が数多く提案されている。

FBG によるセンシングはその反射波長が印可されたひずみや周囲の温度変化に比例して変化する事に基づいている。そのため、ひずみと温度が同時に変化する環境下では、二つの変化量を独立に特定できないという問題がある。この問題を解決する手段の一つとして、偏波保持 (PM) ファイバに書き込んだ FBG (PM-FBG) を利用する方法が提案されている。PM-FBG は、互いに直交する偏光成分に対して異なる反射波長を示し、ひずみと温度の変化に伴う反射波長の変化の比例係数が僅かに異なっている。これを利用することで温度とひずみの同時計測が可能である。

PM-FBG による温度とひずみの同時計測では、FBG を用いてひずみのみ、あるいは温度のみを測定した場合に比べて、測定分解能 (測定値のばらつきの大きさ) が劣化するという問題がある。これは、反射波長のひずみ及び温度に対する依存係数の差が小さいことに起因する。一方、測定分解能は FBG の反射スペクトルの構造の細かさにも依存しており、微細な構造、急峻な変化を伴う構造を有する反射スペクトルの方が測定分解能は高くなる。

我々は、急峻な構造を反射スペクトルに持たせる方法として、ファブリ・ペロー干渉計 (FPI) の利用を検討している。PM ファイバ上に間隔を開けて FBG を書き込むと、FBG を反射鏡とした FPI が構成できる。高い反射率の PM-FBG で構成した FPI では、共鳴条件が満たされる波長において、反射率が急激に低下する。結果として PM-FBG-FPI は PM-FBG の反射帯域中に急激に反射率が低下する鋭いディップをいくつか有することになる。これを利用することで、単一の PM-FBG-FPI よりも高い分解能の測定が可能となる。

FPI で発生する干渉は向かい合う鏡の間で多重反射光が成す多光束干渉であるが、書き込む FBG の反射率を低くしていくと、干渉計内部で発生する多重反射の影響が小さくなり、最終的には手前の FBG で 1 度だけ反射する光と奥の FBG で反射する光が干渉する二光束干渉となる。この場合、PM-FBG-FPI の反射スペクトルは PM-FBG の反射率に正弦波を乗算した構造を有する。FBG の反射率が高い時に得られる急峻なディップと比べれば構造自体の急峻さは緩やかであるが、有意な変動を観測できる範囲が広く、フーリエ変換を利用して反射スペクトルの波長シフト量を算出すると高反射率 PM-FBG-FPI を用いてディップの移動量を直接観測する場合よりも高い分解能の測定結果が得られる。

今回は低反射率 PM-FBG-FPI を用いて行った温度とひずみの同時測定の測定分解能について評価した結果を報告する。