BOCDR 歪分布測定システムにおける計算位相変調法と二重光周波数変調法の併用による測定レンジの延伸

Measurement range elongation in BOCDR system with used calculation processing PM scheme and double modulation scheme

豊田工業大学 [1], ○(B) 井立 聖二 [1], 保立 和夫 [1]

Toyota Technological Institute [1], ○Seiji Idachi[1], Kazuo Hotate[1]

E-mail: sd18302@toyota-ti.ac.jp

1. 研究背景

当研究室では、光ファイバに沿って任意の位置の複数点で動的歪計測も可能な分布計測法「ブリルアン光相関領域リフレクトメトリ(BOCDR)」を研究している[1,2]。之に清水らによって、光強度変調法、テンポラルゲート法、二重光周波数変調(DM)法、計算光位相変調(計算 PM)法の 4 つの性能向上手法を組み合わせ、5,280m の測定レンジで 3.94cm の空間分解能を記録した[3]。より高い性能実現に向けて、個々の手法がどのように影響しあっているかを検証するため本研究では DM 法と計算 PM 法に注目し、その影響を確認した。

2. DM 法と計算 PM 法

DM 法とは、光源に異なる 2 つの FM を施すことで、大ピークと小ピークの 2 種類のビート信号を作り出し、測定レンジを延伸する手法である[4]。このとき、小ピークによって背景光雑音が増加してしまうことがわかっている[3]。

BOCDR システムの基本出力から参照光に位相変調を加えて作成した疑似背景光雑音を減算する位相変調法[2]と同様の雑音低減効果を、計算処理のみによって行う計算 PM 法が提案されている[5]。この処理について、数式では以下のように表される。

$$BGS_{DIFF}(f) = BGS(f) - BGS_{PM}(f) = BGS(f) \otimes g_{shaping}(f) \qquad (1)$$

ここで、$BGS(f)$、$BGS_{PM}(f)$および$g_{shaping}(f)$はそれぞれ、基本出力、位相変調を施した場合の出力および整形用フィルタを表す[5]。本式より、PM 法の背景光雑音低減機能は BOCDR 基本出力に整形用フィルタを畳み込む計算処理のみで得られることがわかる。

上記の 2 つの性能向上手法を組み合わせて、DM 法によって増加する背景光雑音を計算 PM 法によって低減して、測定レンジが延伸されることを確認する。

3. シミュレーション及び実験による背景光雑音低減の確認

歪量を 6000με とし DM 法を適用後の歪部分の BGS をシミュレーションした結果を図 1(a)に示し、図 1(a)の信号に計算 PM 法を施した結果を図 1(b)に示す。図 1(c)は実験で得られた歪部分の BGS を、図 1(d)は図 1(c)の信号に計算 PM 法を施した結果である。図 1(a),(c)では、シミュレーションと実験共に、信号スペクトル成分が背景光雑音より小さく、歪が検出できていない。一方、計算 PM 法を施した図 1(b),(d)では、歪の検出ができている。DM 法で増加した背景光雑音の低減に、計算 PM 法が有効であることが確認できた。

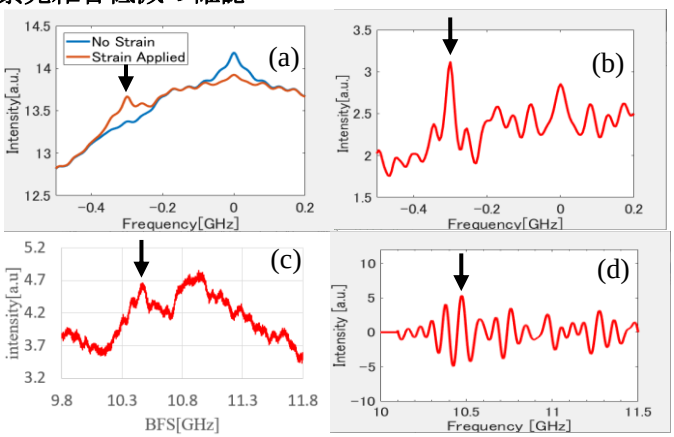

図 1 DM 法適用時のシミュレーション: (a) BGS 形状(青は無歪部、赤は歪部)、(b)歪部 BGS への計算 PM 法適用。実験: (c)BGS 形状(歪測定時)、(d)計算 PM 法適用。↓: 信号成分。

参考文献

[1] K. Hotate, Optical Fiber Technology 19, 700-719(2013).
[2] K. Hotate, Appl. Sci. 2019, 9(1), 187; doi:10.3390/app9010187.
[3] R. Shimizu, M. Kishi, and K. Hotate, OFS-25, Jeju (Korea), PD1, April, 2017.
[4] R. Shimizu, M. Kishi, and K. Hotate, OFS-26, Lausanne (Switzerland), WF15, Sept., 2018.
[5] Y. Mizuno, Z. He, and K. Hotate, Opt. Express 18, 5926-5933 (2010).

© 2020年 応用物理学会