

ノート

FBG 光ファイバー温度計の高感度化

沼尻 治彦*¹⁾ 佐々木 正史*¹⁾ 高橋 真*²⁾ 畦本 雅宏*²⁾

Development of high-accuracy optical-fiber thermometer using fiber bragg grating

Haruhiko Numajiri*¹⁾, Masashi Sasaki*¹⁾, Shin Takahashi*²⁾, Masahiro Azemoto*²⁾

キーワード: 光ファイバー温度計, FBG

Keywords: optical - fiber thermometer, fiber bragg grating

1. はじめに

光ファイバーに紫外線を照射しファイバーの屈折率に変化をつけることで回折格子を作り、様々な波長の光を入射させると、格子の周期に比例した波長の光だけが強く反射される。この格子の周期は温度や歪みによって伸縮し、反射光の波長の変化を回折格子部の温度や歪みとしてとらえるセンサーがFBG(Fiber Bragg Grating)センサー⁽¹⁾である(図1参照)。FBGの最大の特徴は、1本の光ファイバー上に複数のセンサー部を設けることができることがあげられる。また電気を使わないため引火物の近傍での使用、雷などの影響を受けず電磁ノイズを嫌う機器のそばでも使えるなどの特徴がある。この特徴を活かし主にサーバールーム内やプラント、地下構造物など長距離・多点計測での温度計測に用いられることが期待されている。

しかし高精度な温度計として一般的に使用されている測温抵抗体の精度は0.01℃以下であるが、FBGを用いた光ファイバー温度計ではファイバーを管体に納めた際の管体からの歪みの影響や校正方法の未整備などにより0.5℃程度と差がある。一方測定現場では0.1℃程度の精度が求められるのが現状であり、FBGを高感度にすることで精度を上げ信頼性を確保することを目指した。

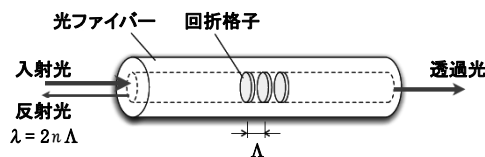


図1. FBGセンサーの原理

2. 高感度化

高感度化としてはこれまでホウ素などを添加してファイバーに高圧水素充填を施す方法⁽²⁾やテフロン基板に接着する方法⁽³⁾などが試されているが、今回は石英ガラス(熱膨張率: α_g)より熱膨張率の大きい物質として金属(熱膨張率: α_m)をコーティングすることで、その熱膨張にファイバー

を追従させることを試みた(図2参照)。これにより、温度以外の要因によって波長が変動しても、温度精度への影響が小さくなることを狙った(図3参照)。また、この構造にすることでファイバーのセンサー部へのたわみ・ひずみがかかりにくくなり、ばらつきも抑えられると考えられる。

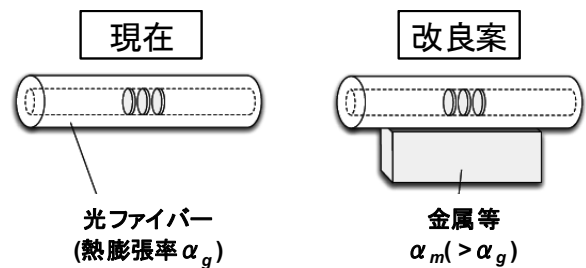


図2. FBGセンサーの高感度化の概念

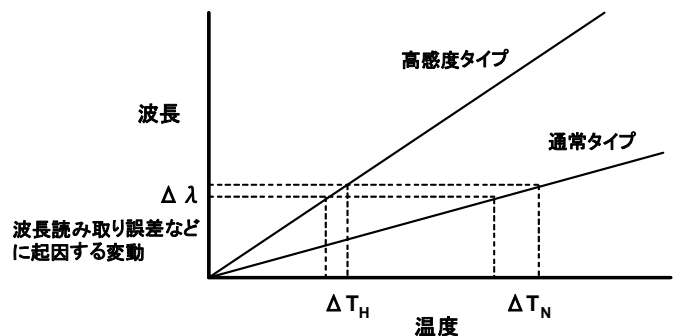


図3. 波長変動の影響

3. 実験及び結果

3.1 メタライズファイバー

金属コーティングはニッケルを無電解および電解めっきすることで形成した。コーティングを施した光ファイバー(メタライズファイバー)の仕様を表1および図4、図5に示す。

表1. メタライズファイバーの仕様

グレーティング長 /mm	メタライズ厚 / μ m	数量
10	3,20,100,300,500	各5本

*¹⁾ 実証試験センター

*²⁾ 株式会社レーザック

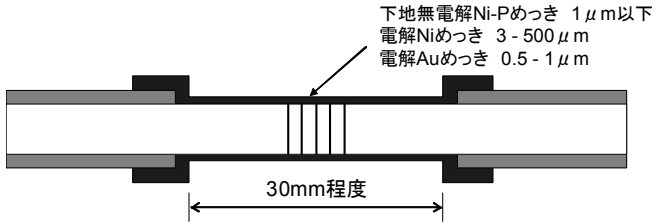


図4. メタライズ ファイバー模式図

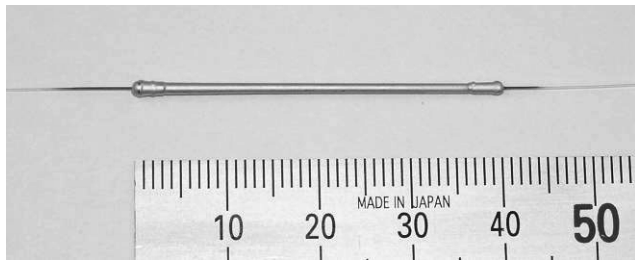


図5. メタライズ ファイバー

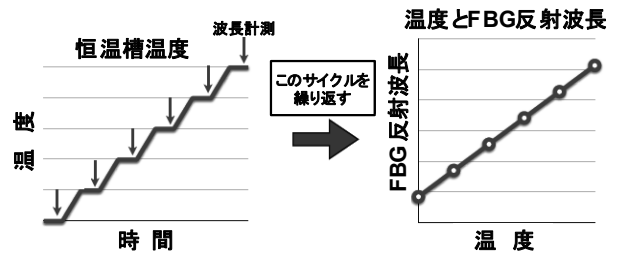


図6. 恒温槽によるサイクル試験

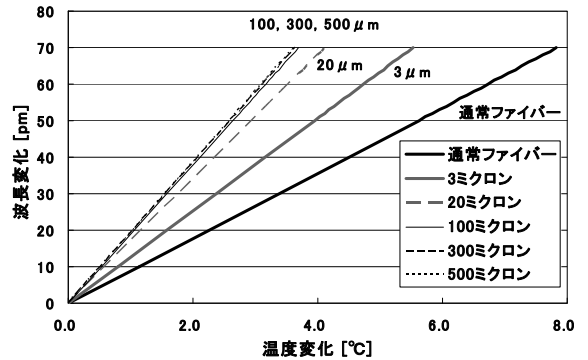


図7. 温度と波長変化の関係

3. 2 評価試験

ファイバーの評価には恒温槽を用い、10 °C～50 °Cまで10 °C間隔および25 °Cに恒温槽の溶媒(水)温度を変化させ、温度が安定した時点で波長を測定する。これを5回繰り返すサイクル試験とした(図6参照)。

使用した恒温槽は、室温に対して加熱側で3.2 mK、冷却側で7.0 mKの精度である。

3. 3 結果

温度と波長変化の関係を図7に示す。厚みによる効果は100 μmまでは高感度化しているが、それ以上になると変化はほとんどなかった。メタライズしていない通常のファイバーと比較すると、感度は約2倍であった。

次に図8に波長のばらつき、図9に評価に当たって標準温度計としたPt100との温度差を示す。ばらつきはいずれのコーティング厚でも4 pm～8 pmと大きな差はないが、温度差はメタライズファイバーの方が小さくなり、高感度化の効果が確認できた。

4. まとめ

今回、感温部であるグレーティング部に石英ガラスよりも熱膨張の大きい金属をコーティングし高感度化することで波長変動の影響を抑えたFBG光ファイバーの温度サイクル試験を行った。メタライズ厚が100 μm以上では感度が飽和し大きな変化が見られなかったが、単位温度当りの波長変化が通常ファイバーで9.0 pmであるのに対し、メタライズ厚100 μmで19.0 pmと約2倍の感度となる結果が得られた。

(平成23年5月20日受付, 平成23年8月16日再受付)

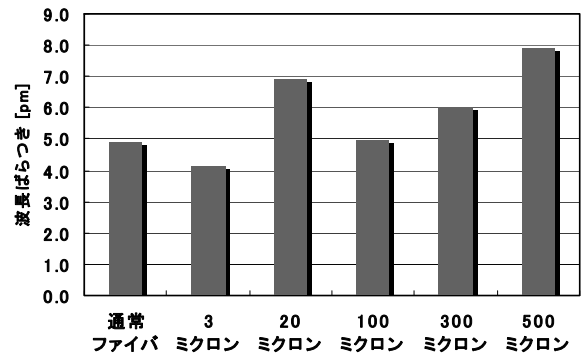


図8. 波長ばらつき

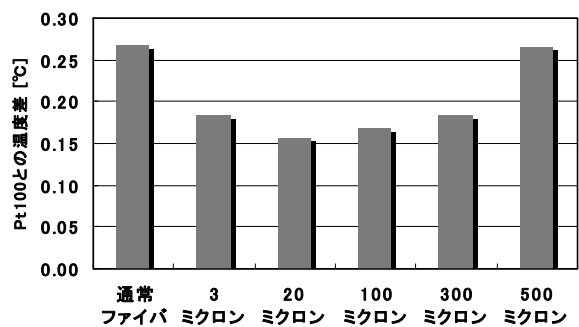


図9. 温度誤差

文 献

- (1) 黒澤宏, 横田光広:「ファイバー光学の基礎」, オプトロニクス社(2003)
- (2) 小向哲郎, 中沢正隆:「ブラッググレーティング用光ファイバの高感度化」, 電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ大会, C-139 (1996)
- (3) 立畠広章, 水波徹:「ファイバグレーティングを用いた高感度低温温度センサ」, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-13-24 (2000)