

BOF によるファイバ温度センシングの提案

Proposal of Temperature Sensing by BOF (BPF On Fiber-end)

斧田 誠一 井上 恵一
Seiichi Onoda Keiichi Inoue

(株)渡辺製作所
WATANABE Co.Ltd

1. まえがき

FBG (Fiber Bragg Grating) に代り得るディスクリートなファイバ温度センシング方式として、DWPR¹⁾ をプラットフォームとし、ファイバ端面に形成した多層膜BPF (BOF: BPF On Fiber-end) をセンサヘッドに用いる BOF (BPF On Fiber-end) 方式を提案したい。

2. BOF の構造と原理

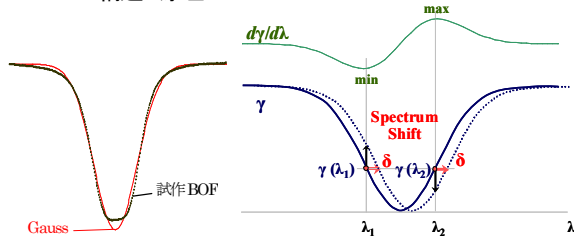


図1 BOF の反射スペクトル

図2 BOF の動作原理

ファイバ端面に BPF を形成する。図1 は SM ファイバの垂直端面上に S₂O₂/TiO₂ の 2 cavity 直接 BPF を形成したときの反射分光特性の例である。赤線はガウス関数でフィットしたもので、相関係数は 0.9977 であった。

図2 に BOF に動作原理を示す。BPF の反射スペクトルは温度によってシフトするから、BPF の中心波長を挟む 2 つの波長、最も効率的には反射スペクトルの波長勾配が最急となる 2 つの波長を選んで反射率を観測するとプラスマイナスプッシュプルに変化する。両者の比を取ることで波長シフトが求まり、温度を割り出すことができる。

3. BOF のモデル解析

動作原理をモデル解析する。BOF の反射特性を中心波長 λ₀、1/e 半幅 w なるガウス関数であらわすと

$$\gamma(\lambda) = 1 - \exp\left\{-\frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{w^2}\right\} \dots\dots\dots(1)$$

であるから、2 つの最急波長 λ₁, λ₂ は $\frac{d^2\gamma(\lambda)}{d\lambda^2} = 0$ より

$$\left. \begin{aligned} \lambda_1 - \lambda_0 &= -\frac{w}{\sqrt{2}} \\ \lambda_2 - \lambda_0 &= \frac{w}{\sqrt{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

のごとく定めることができる。このときの反射率 γ(λ₁), γ(λ₂) は

$$\gamma(\lambda_1) = \gamma(\lambda_2) = 1 - \frac{1}{\sqrt{e}} = 0.393 \dots\dots\dots(3)$$

であたえられる。いま反射スペクトルが温度等によって δ だけシフトしたとして、両波長の反射率比 ζ(δ) を求めると、次のように求めることができる。

$$\zeta(\delta) = \frac{\gamma(\lambda_1 - \delta)}{\gamma(\lambda_2 - \delta)} = \frac{1 - \exp\left\{-\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{\delta}{w}\right)^2\right\}}{1 - \exp\left\{-\left(\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{\delta}{w}\right)^2\right\}} \dots\dots\dots(4)$$

ここで、δ ≪ $\frac{w}{\sqrt{2}}$ とすると、次の簡単な近似式が成り立つ。

$$\zeta(\delta)_{dB} \doteq \frac{20\sqrt{2}}{(\sqrt{e}-1)\ln 10} \frac{\delta}{w} = 18.9 \frac{\delta}{w} \dots\dots\dots(5)$$

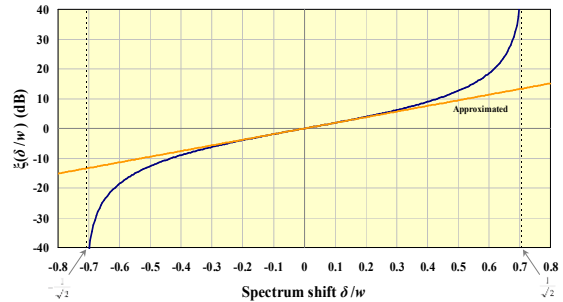


図3 BOF のスペクトルシフトと 2 波長反射率比

図3 に式(4)(5)の計算結果を図示する。図より、外部物理量による反射スペクトルシフトは、BPF の中心波長を挟む 2 つの波長における反射率比より簡単に求めることができることがわかる。

4. BOF の特長

BOF による温度センシングでは下記の特長が期待されよう。

- 1) センサはファイバ端面への蒸着のみですむため量産に向く。
- 2) O/E, E/O 変換以外すべての計測処理が電気回路ででき、光学的分光処理が不要であるため、装置コストが大幅に軽減される。
- 3) SDF²⁾と同様プッシュプル変化する 2 波長反射率を比検出するため、検出利得が2倍化される。
- 4) BOF のスペクトルシフト以外の系の外乱に対して強くなる。

5. あとがき

従来の FBG の代替をねらって、DWPR をプラットフォームとした新たな温度センシング方式を提案した。現在実験検証を行っている。なお本研究は経済産業省の委託研究「地域新生コンソーシアム」の一環としてなされたものである。

参考文献

- 1) 斧田、塚本他 “2 波長プッシュプル反射計測方式(DWPR)の提案” 本大会予稿
- 2) 斧田、中野、井上 “SDF によるファイバ変位センシングの提案” 本大会予稿