

SDF によるファイバ変位センシングの提案

Proposal of Displacement Sensing by SDF

斧田 誠一 中野 正行 井上 恵一
Seiichi Onoda Masayuki Nakano Keiichi Inoue

(株)渡辺製作所
WATANABE CO.,LTD

1. まえがき

簡便なファイバ変位センシング方式として、DWPR[®]をプラットフォームとし、同一平面内で波長相補的な2種のエッジフィルタを隣接させた複合フィルタを反射センサとする SDF(Spatial Dichromatic Filter)方式を提案する。

2. SDF の構造と原理

図1はSDF方式の原理を示したものである。ファイバに連結したコリメータに対して垂直に、透過反射が2つの波長 λ_1 、 λ_2 に関して相補的なエッジフィルタF₁およびF₂で組み合わせたSDFを対向させ、各波長の反射率比からコリメータ光軸とSDF境界間の相対位置を割り出す。

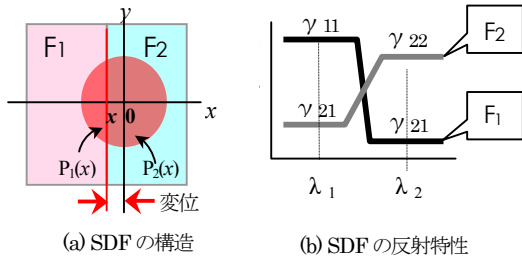


図1 SDFの原理

3. SDF のモデル解析

単一モードファイバにおける伝播モード(HE₁₁)の断面内電力分布 $I(x,y)$ はベッセル関数と変形ベッセル関数の2乗形であたえられるが、近似的には次式のようなガウス関数とみなすことができる(相関係数0.999)。

$$I(x,y) = \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) \dots\dots\dots(1)$$

w は1/e半幅である。いまビーム光軸を (x,y) の原点に取り、SDFの境界が y 軸に平行な x 位置にあるとすると、ふたつのエッジフィルタF₁およびF₂を照射するビームパワー $P_1(x)$ 、 $P_2(x)$ は次式であたえられる。

$$\left. \begin{aligned} P_1(x) &= \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx \\ &= \sqrt{\pi}w \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx \\ P_2(x) &= \int_{-\infty}^{\infty} dy \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx \\ &= \sqrt{\pi}w \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ここでSDFの反射特性が図2のようであるとして、波長 λ_1 および λ_2 に対応するビーム反射率の比を $\zeta(x)$ とすると、

$$\zeta(x) = \frac{\gamma_{11}P_1(x) + \gamma_{21}P_2(x)}{\gamma_{22}P_2(x) + \gamma_{12}P_1(x)} \dots\dots\dots(3)$$

$$= \frac{\gamma_{11} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx + \gamma_{21} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx}{\gamma_{22} \int_x^{\infty} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx + \gamma_{12} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{w^2}\right) dx} \dots\dots\dots(4)$$

となる。簡単のため $\gamma_{11} = \gamma_{22}$ 、 $\gamma_{12} = \gamma_{21}$ 、 $\eta = \frac{\gamma_{21}}{\gamma_{11}} = \frac{\gamma_{12}}{\gamma_{22}} \ll 1$ とすると、

$$\zeta(x)_{dB} \doteq \log_{10} \left\{ 1 + \frac{4(1-2\eta)x}{\sqrt{\pi}w} \right\} = 9.80(1-2\eta) \frac{x}{w} \dots\dots(5)$$

となる。図2にフィルタのクロストーク η をパラメータにとったときの変位 x/w と2波長反射率比 $\zeta(x)$ の関係を図示した。以上2波長反射率比 $\zeta(x)_{dB}$ から変位 x/w を検出できることがわかる。

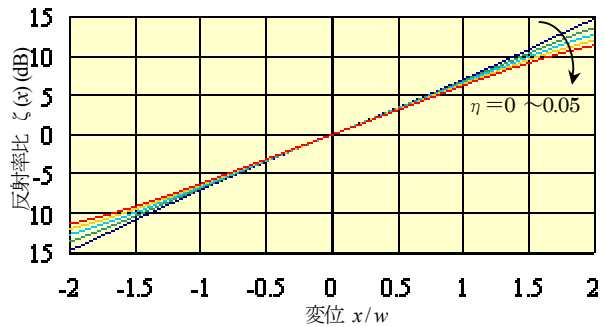


図2 変位 x/w と反射率比 $\zeta(x)$ の関係

4. SDF の特長

SDFによる変位センシングでは下記の特長が期待されよう。

- 1) コリメータ光軸とSDF境界の相対位置に変換される物理量であれば、BOF[®]同様DWPR[®]をベースとして多様なセンシングが可能である。
- 2) O/E、E/O変換以外すべて電気回路のみで済み、分光分析のような光学処理が不要のため経済化が図れる。
- 3) 相補変化する2波長反射率を比検出するため、検出利得が倍化するとともに、ファイバ系への外乱に対して強い。

5. あとがき

DWPRをプラットフォームにSDFによる新たな変位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) 斧田他 “BOFによるファイバ温度センシングの提案” 本大会
- 2) 斧田他 “2波長プッシュプル反射計測方式(DWPR)の提案” 本大会