

前方ブリルアン散乱スペクトル測定による 光ファイバ外径評価法

Fiber Outer Diameter Evaluation Based on Guided Acoustic Wave Brillouin Scattering

○大河原寛直, 柴田宣

○Hironao Okawara, Nori Shibata

日本大学

Nihon University

キーワード : 光ファイバ(Optical fibers), 光計測(Optical measurement)
前方ブリルアン散乱(Guided Acoustic Wave Brillouin Scattering)

連絡先 : 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1
日本大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻 大河原寛直
Tel.:024-956-8788, Fax.: 024-956-8861, E-mail:g23404@cc.ce.nihon-u.ac.jp

1. はじめに

ファイバ構造パラメータの1つであるファイバ外径は単一モードファイバ(SMF:Single-Mode Fiber)の低損失接続を実現する上で重要である。前方ブリルアン散乱光(GAWBS:Guided Acoustic Wave Brillouin Scattering)¹⁾のスペクトル測定の応用として、ファイバ外径を非破壊かつ高精度に評価する方法が Ohashi 等²⁾より提案された。

本稿では、この方法を用いた SMF の外径

測定を行った結果について報告する。

2. 理論

ファイバ断面を導波する横音響波モードには R_{0m} モード(Radial mode)と TR_{2m} モード(Mixed Torsional-Radial mode)が存在する。これら横音響波モードと光の相互作用により、前方ブリルアン散乱光が発生する。ここでは、観測が比較的容易な TR_{2m} モードの寄与による周波数シフト量 f_m を用いて外径を評価する。ファイバ外径 $2b$ は次の特性方程式¹⁾、

$$\begin{vmatrix} \left(3 - \frac{y_m^2}{2}\right) J_2(\alpha y_m) & \left(6 - \frac{y_m^2}{2}\right) J_2(y_m) - 3y_m J_3(y_m) \\ J_2(\alpha y_m) - \alpha y_m J_3(\alpha y_m) & \left(2 - \frac{y_m^2}{2}\right) J_2(y_m) + y_m J_3(y_m) \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

を用いて求めることができる。ここで、 α =(横音響波速度 V_S)/(縦音響波速度 V_L)、 J_2 、 J_3 はそれぞれ 2 次と 3 次のベッセル関数、 $y_m = \pi f_m 2b / \alpha V_L$ は f_m と関連する固有値である。式(1)で $2b$ は

$$2b = \frac{\alpha V_L y_m}{\pi f_m} \quad (2)$$

と表される。ここで、パラメータ α と V_L は文献 3)で報告された $\alpha = 0.626$ 、純粋石英 SiO_2 に対する縦音響波速度 $V_L(\text{SiO}_2) = 5970\text{m/s}$ を用いる。式(1)と式(2)から、 f_m を測定することにより $2b$ を求めることができる。

3. 実験結果

図1は前方ブリルアン散乱光による光ファイバ外径を評価するための測定系である。波長可変レーザからの光はエルビウム添加光ファイバ増幅器(EDFA)で光増幅され、試料ファイバに入射される。 TR_{2m} モードにより前方散乱された光と入射光の干渉による光ビート信号は偏光子を介して観測される。ビート信号は pin-PD で光検出し、周波数シフト量 f_m をスペクトルアナライザで観測する。

長さ $L=26\text{km}$ の SMF を用いて得られたビート信号スペクトル(GAWBS スペクトル)を図2に示す。得られた周波数シフト量 f_m からモード毎に算出した $2b$ の値を図2中の表に整理した。ファイバ外径 $2b$ の平均値は $2b = 126.0 \pm 1.5\mu\text{m}$ となった。ここで得られた値は、ファイバ端面の顕微鏡像を画像処理して得られる $2b = 125 \pm 1\mu\text{m}$ と比較的良く

一致することが分かった。

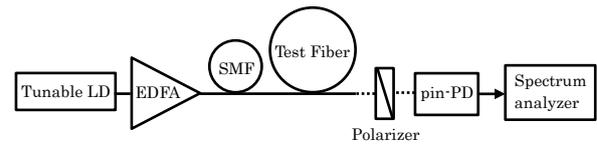


図1 測定系

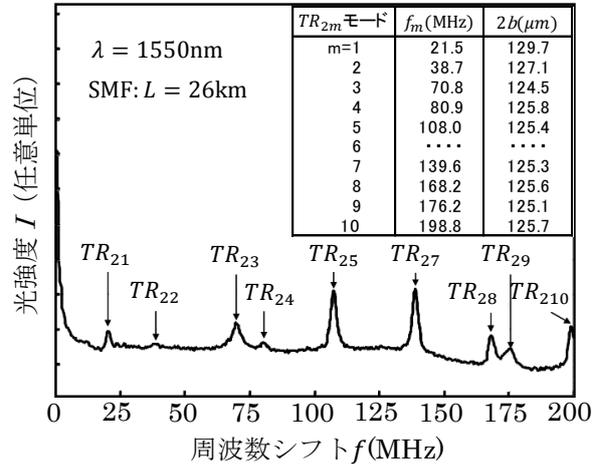


図2 GAWBS スペクトル

4. まとめ

GAWBS スペクトル中の光ビート信号ピーク値を用いて光ファイバ外径を評価した。その結果、ここで得られた外径値は標準測定法による値と比較的良く一致することを明らかにした。

参考文献

- 1) R.M.Shelby, M.D.Levenson, and P.W.Bayer: "Guided acoustic-wave Brillouin scattering," Phys.Rev.B, Vol.31, pp.5244~5252(1985)
- 2) M.Ohashi, N.Shibata, and K.Shiraki: "Fibre diameter estimation based on guided acoustic wave Brillouin scattering," Electron. Lett., Vol.28, pp.900~901(1992)
- 3) N.Shibata, A.Nakazono, N.Taguchi, and S.Tanaka: "Forward Brillouin scattering in holey fibers," IEEE Photon. Technol. Lett., Vol18, pp.412~414(2006)