

コヒーレントヘテロダイン検波を用いた後方散乱光の位相測定による 複屈折測定の方法

Method of birefringence measurement by phase measurement of backscattered light using
coherent heterodyne detection

明治大学 総合数理学部 (B) 〇武井 菜々子, 笠 史郎

School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University, Nanako Takei, Shiro Ryu

E-mail:ev61096@meiji.ac.jp

1. まえがき

コヒーレントヘテロダイン検波技術は、光の位相情報を直接観測できるため、さまざまな光学測定技術に適用できる。光ファイバ内の後方散乱光は、ファイバ内部の電界分布情報を反映している[1]。我々は、本技術を利用して光ファイバ内の後方散乱光を観測し、位相特性解析を行っている。また、光ファイバの微小な歪みによって生じる複屈折[2]は、後方散乱光の位相変化をもたらす。そこでコヒーレント技術を用いて複屈折の値を測定するための実験系を構築し、測定することを目指した。

2. 理論

後方散乱光の電界 E_s は、 β を伝搬定数、 v_g をファイバ内の群速度、 l_p をファイバに入力するパルス幅、 ω を光の角周波数とすると、光ファイバ内の長手方向における長さ $z = z_s$ において、 $E_s = \sin\{(\beta v_g - \omega)t - \frac{\beta l_p}{2}\} \cdot \sin \frac{\beta l_p}{2}$ と表される。従って瞬時位相は $(\beta v_g - \omega)t - \frac{\beta l_p}{2}$ となる。ファイバ内の位相速度は $v_p = \frac{\omega}{\beta}$ 、 $v_g \div v_p$ であることから、 $(\beta v_g - \omega)t - \frac{\beta l_p}{2} \cong \beta v_p t - \omega t - \frac{\beta l_p}{2} = -\frac{\beta l_p}{2}$ となる。このことから、後方散乱光の瞬時位相は、ファイバの長手方向に対して平坦になるはずである。実際には長手方向に対して位相が変動するが、これは複屈折($\Delta\beta$)の影響であると考えられる。

3. 実験と考察

Fig. 1 は後方散乱光を測定するための実験系である。本実験では、パルス波形を用いた光 FSK 変調が行われ、OTDR 用の光パルスが生成される。光送信器からの光は光 SSB 変調器に入る。光 SSB 変調器は、電圧制御発振器(VCO)によって駆動される。光 SSB 変調器の出力光信号は光増幅器によって増幅し、長さ 80km のシングルモードファイバに入射した。測定された後方散乱光は光 90 度ハイブリッド+バランスト受信器によって検出した。受信した I, Q 信号はサンプリングレート 1.25GS/s、サンプル数 10^6 のオシロスコープによって標本化した。また、FSK パルスの繰り返し周波数は 1kHz とした。FSK 変調のパルス幅は 20ns で、約 2m の距離分解能に対応する。Fig. 2 は 4 つのパルス入力時の、光ファイバの距離に対する x 偏波の瞬時位相の変化を表している。Fig. 2 から、4 つのパルスに対して、おおよそ位相変化が一致していることが分かる。この結果より複屈折は $\Delta\beta \approx 0.15\text{rad/m}$ 、ビート長は $L_\beta = 42\text{m}$ と求められた。

参考文献

- [1] E. Brinkmeyer, "Analysis of the backscattering method for single-mode optical fibers," J. Opt. Soc. Am., **70**, pp.1010-1012 (1980).
[2] B. Y. Kim and S. S. Choi, "Analysis and measurement of birefringence in single-mode fibers using the backscattering method," Optics Letters, **6**, pp. 578-580 (1981).

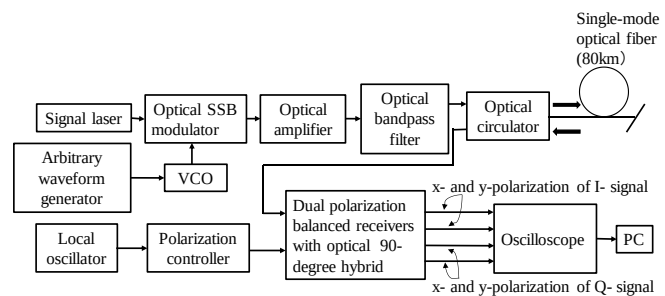


Fig.1 Experimental Setup

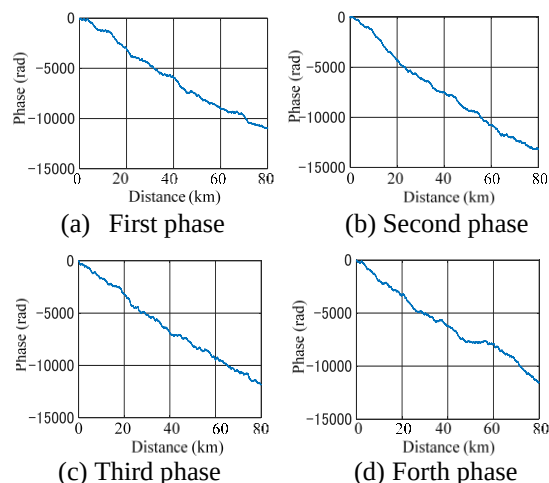


Fig.2 Measured phase of backscattered light