

コヒーレントヘテロダイン検波を用いた光ファイバの局所的複屈折測定方法

Measurement method of spatial distribution of birefringence in optical fibers
by coherent heterodyne detection

明治大学大学院 先端数理科学研究科 (M1)〇武井 菜々子, 笠 史郎

Graduate School of Advanced Mathematical Sciences, Meiji University, Nanako Takei, Shiro Ryu

E-mail: cs203011@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、光ファイバ内部における光の位相情報を直接観測できる。これまで我々は、本技術を利用して光ファイバ内の後方散乱光を観測し、光ファイバ複屈折のファイバ長手方向の分布を測定可能であることを示した[1, 2]。本論文では、上記測定法を拡張し、光ファイバの局所的複屈折の測定を行った。従来の偏波 OTDR (POTDR) を用いた方法[3]では、局所的複屈折測定に時間を要していたが、本方法は 1ms 程度の短時間で測定可能という特徴を有している。

2. 実験と考察

光ファイバの後方散乱光をコヒーレントヘテロダイン検波した時、ファイバ長手方向の光位相変化は、ファイバ複屈折の変化を表すことを既に示した[1, 2]。この方法を更に発展させ、光位相のファイバ距離に対する変化を算出し、局所的複屈折を求めた。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、光 SSB 変調器を用いた光 FSK 変調により OTDR 用の光パルスを生成した。FSK 変調のパルス幅は 20ns で、約 2m の距離分解能に対応する。光 SSB 変調器の出力光信号を光増幅器によって増幅した後、長さ 80km のシングルモードファイバ (SMF) に入射した。SMF は直径 20 cm のスプールを 4 つ繋げたものである。SMF から戻った後方散乱光は光 90 度ハイブリッド+バランス受信器によって検出し、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 I, Q 信号を標本化した。FSK パルスの繰り返し周波数は 1kHz とした。Fig. 2 はファイバ長 20km~25km 間における x 偏波の局所的複屈折の測定結果である。局所的複屈折を求めるための距離分解能は約 0.08m とした。データ処理時間を除き、測定に要する時間はパルスの繰り返し周期の 1ms であった。Fig. 2 に示されたようなランダムな複屈折分布は、既に理論的、実験的に示されているが、POTDR を用いているためこのような短時間での測定は困難であった。Fig. 3 は局所的複屈折の確率密度関数を表したものである。Fig. 3 から局所的複屈折の値はある確率分布に従い、その平均値は約 -0.36rad/m であることがわかる。この値に対応するファイバのビート長は約 17.5m となり、直径 20cm のスプールに巻かれたファイバの曲げによる複屈折として妥当な値であり、測定が正しく行われたことを示している。

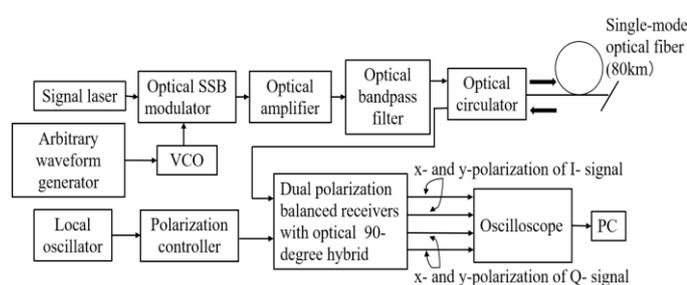


Fig.1. Experimental setup.

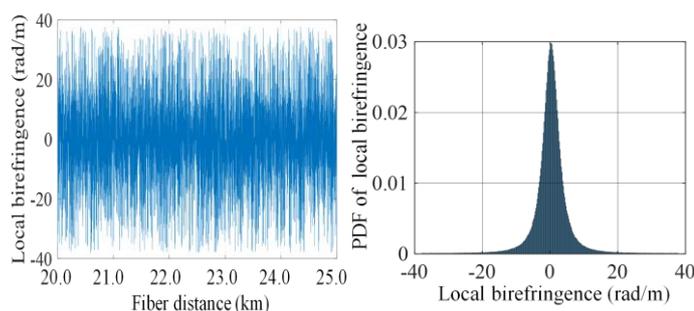


Fig.2. Measured local birefringence of single-mode fibers.

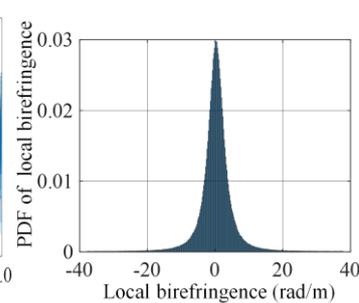


Fig.3. Probability density function of local birefringence.

参考文献

- [1] 武井, 笠, “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,” 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 12p-B406-2, 2020 年 3 月.
- [2] N. Takei and S. Ryu, “Novel measurement method of fiber-birefringence spatial distribution by coherent heterodyne detection of Rayleigh backscattered light,” CLEO 2020, paper SF3P.3, May 2020.
- [3] M. Wuilpart et al., “Measurement of the spatial distribution of birefringence in optical fibers,” IEEE Photonics Technology Letters, **13**, 836-838 (2001).