

変調側波帯を用いた位相雑音補償光周波数領域反射計

Phase-Noise Cancelled Optical Frequency Domain Reflectometry using Modulation Sidebands

電子・光システム工学コース 岩下研究室
学籍番号 1155055 平松 秀太

1. はじめに

光ファイバは通信だけでなく、種々の物理量・化学量を計測するセンサとしても用いられている。光ファイバをセンサとして用いる方法の一つとしては光周波数領域リフレクトメトリ法(Optical Frequency Domain Reflectometry)がある。OFDRは分解能に優れているが、測定距離がレーザのコヒーレンス長によって制限される。本研究では、新たな位相雑音補償 OFDR を提案し、その実験結果を示す。

2. 実験構成結果

図1に提案した位相雑音補償 OFDR の実験系を示す。実験(A),(B)それぞれの光源、被測定ファイバ、受信部を用いる。光源は波長1548.7[nm]で線幅1.5[MHz]のDFBレーザを用いた。

周波数が掃引された光が参照光と被測定物からの反射光に分かれる。この時発生するビート信号は参照光と反射光からの遅延が発生する。この際、光源は周波数掃引されているのでビート信号により被測定物からの距離を測定することができる。ここで通常の OFDR においては反射点までの距離が約10[m]以上の領域においては測定が困難になる。そのために光源の位相雑音の補償が求められる。

今回に提案した位相雑音補償 OFDR において、ヘロダイン検波(実験構成(A))の場合、Ch1、Ch2のビート信号 I_1, I_2 は、位相雑音の項を θ, γ をFUT変調信号の掃引速度、 τ を反射からの往復時間とすると、

$$I_1 \propto \cos\{2\pi\gamma\tau t + \theta\}$$

$$I_2 \propto \cos\{2\pi\gamma\tau t - \theta\}$$

となる。そのためCH1とCH2のビート信号をそれぞれ掛け合わせることで、位相雑音 θ を含まない2倍のビート信号を得ることができる。

$$I_1 \times I_2 \propto \cos\{4\pi\gamma\tau t\}$$

位相ダイバーシティ検波(実験構成(B))の場合においても、 $I_1 + jQ$ 信号と $I_2 - jQ$ 信号を作り掛け合わせることで位相雑音を含まないビート信号を得ることができる。

位相ダイバーシティ検波は、被測定物が近距離にある場合において必要になる。

提案手法により被測定ファイバの破断点測定を行ったものが図1において測定系(A)を用いたものである。

しかし、提案手法では位相雑音補償の処理の際にクロスタームが発生してしまい、距離分解能が劣化してしまう。そこで光源に拡散変調をかけることでクロスタームを抑圧した。この確認実験が図1において測定系(B)を用いたものである。

(A)レイリー散乱、フレネル反射の測定

干渉計ではFUT内でのレイリー後方散乱光とのビート信号が発生する。ビート信号は各側帯波で分波器にて分波し受信した。受信後、掛け合わせの処理を行って位相雑音のキャンセルを行った。図2(a)がCh1のFUT内でのレイリー散乱光のビート信号のスペクトルである。約25[km]にピークが見られるが、FUTの終端でのフレネル反射点である。Ch1とCh2の信号を掛け合わせたものが図2(b)のスペクトルであり、原理で説明したように、位相雑音のキャンセルがされ、図2(a)の2倍の周波数のピークのFUT終端の反射点のスペクトルを得ることができた。

(B)破断点2点の測定(距離差10.5[cm])

光周波数光源に位相変調を行うことで距離分解能を向上すること

ができる。今回の測定ファイバの破断点は2[km]の地点とそこから10.5[cm]に存在する。図3に実験結果を示す。図3(a)は図1の(B)の測定系で測定した反射点のスペクトルを位相雑音補償したもので、図4(b)は拡大スペクトル図である。図3(b)においては1つ目と2つ目のスペクトルが分解できているのが確認できる。これにより距離分解能2[cm]の測定が可能であることが確認できた。

3. まとめ

今回変調側波帯を用いた位相雑音補償 OFDR を提案した。光源に通常のDFB-LDを用いた。通常のOFDRでは測定可能距離は10[m]ほどであるが、提案手法により測定ファイバ内のレイリー散乱およびフレネル反射の位相雑音をキャンセルすることができた。またさらなる距離分解能の向上のために拡散変調を行うことで、距離分解能2[cm]を実現できた。

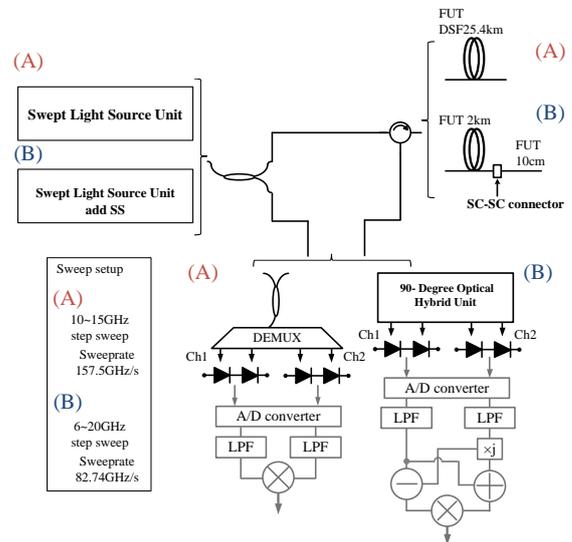


図1 位相雑音補償 OFDR 測定系

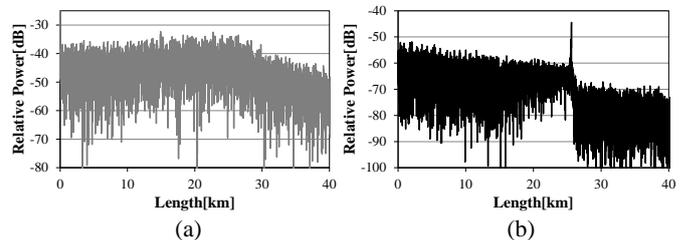


図2 (a)CH1のスペクトル図 (b)位相雑音補償後のスペクトル図

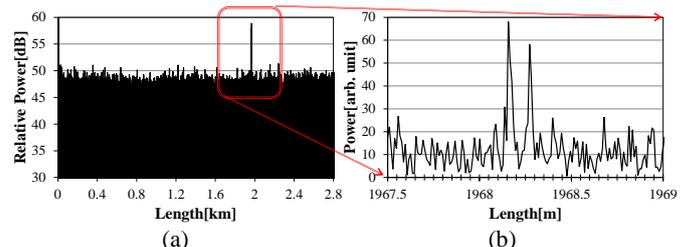


図3 破断点が2点の測定ファイバの測定