

位相ダイバーシティ検波を用いた位相雑音補償 光周波数領域リフレクトメトリの測定範囲の拡大

1120199 宮本 圭輔

電子・光システム工学科 岩下研究室

1. はじめに

光ファイバは通信だけでなく、低損失、防爆性を利用した物理量・化学量を計測するセンサとしても用いられる。我々は従来の光周波数領域リフレクトメトリ法(Optical Frequency Domain Reflectometry: OFDR)を改良した方法を提案したが、さらに改良して光分波器を用いずに実現可能な位相雑音補償 OFDR を提案しその実験結果を示す。

2. 原理

図3を用いて原理を説明する。まず、位相雑音を含む光源に強度変調を行う。強度変調された光は2つに分け片方を参照光とし、もう一方を被測定ファイバ(FUT)に接続し、後方散乱光を光サーキュレータに通して参照光と合波する。2つの光は位相ダイバーシティ検波を行い、I、Qチャンネルとして受信する。I、Qチャンネル信号を合成し、フーリエ変換すると参照光より高周波の信号は正の周波数領域に、低周波の信号は負の周波数領域にビート信号として現れる。さらに、位相雑音成分は反対の符号のため、正、負の周波数成分をフィルタで分離し、負の周波数成分の共役複素数と正の周波数成分を掛け合わせるにより位相雑音をキャンセルした2倍の周波数成分を抽出できる。本構成により、光分波器を用いて分波することなく分離できる。

3. バランスド受信器

本実験では位相ダイバーシティ検波を用いているため位相差が異なった電気信号が出力される。局部発振光に含まれる強度同相成分を除去するためバランスドフォトダイオード(BPD)を用いた。作製した受信器の回路構成を図1に示し、特性を図2に示した。特性として片方ずつに光を入射したとき BPD1,2とも約750[MHz]の帯域をもち、2つのBPDに同時に光を入射したとき同相成分除去比は約-30[dB]であった。

4. 実験結果

図3に提案した位相雑音補償 OFDR の実験系を示す。光源は波長1550nmで線幅1.54MHzのDFBレーザを用いた。光源は掃引変調信号(10~15[GHz]、掃引速度30GHz/s)で強度変調し±1次の側帯帯を発生させた。今回は原理の確認のためFUTでない25kmの光ファイバに挿入し、一定の遅延とした。参照光と位相ダイバーシティ検波してI、Q信号を得た。2つの信号を合成し、正、負の周波数成分で掛け合わせて位相雑音のキャンセルを行った。

図4はQ-チャンネルのビート信号のスペクトル、図5はI-チャンネルのビート信号のスペクトルを表しており、掃引速度と遅延ファイバの遅延時間から発生するビート周波数を7.5[MHz]と計算できた。I-チャンネルとQ-チャンネルの信号を掛け合わせたものが図6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4・5の2倍の周波数、約15[MHz]のところにビート信号を得ることができた。また、ファイバ内の屈折率を1.46としたとき、破断点の計算をすると25.238[km]と計算でき、この時の距離分解能は1.4[km]だった。

5. まとめ

位相ダイバーシティ検波を用いた位相雑音補償 OFDR を提案し、位相雑音をキャンセルすることができた。また、位相雑音補償 OFDR を用いてフレネル反射を確認した。1.4[km]の距離分解能を得ることができた。

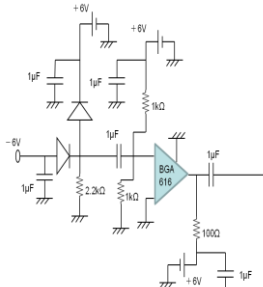


図1 BPD回路構成

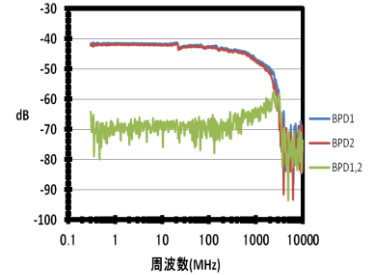


図2 BPDの特性

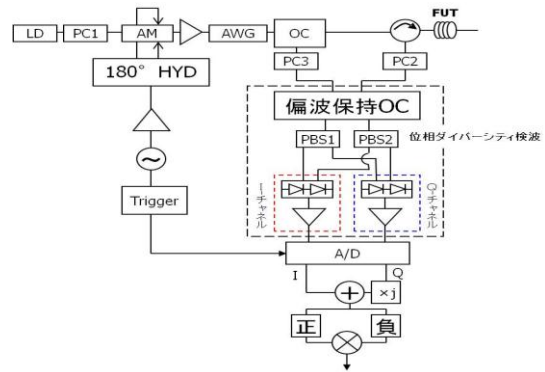


図3 実験系

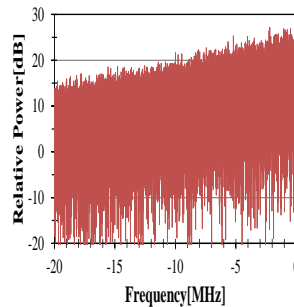


図4 Q-チャンネルのスペクトル図

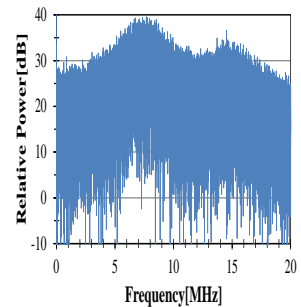


図5 I-チャンネルのスペクトル図

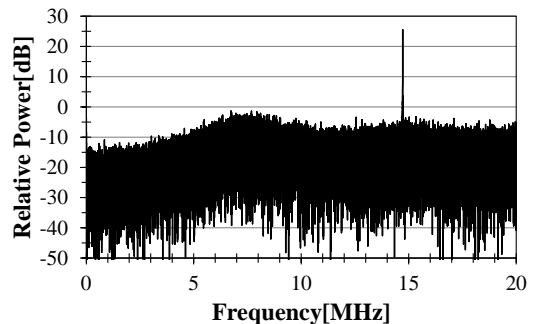


図6 位相雑音補償後のスペクトル図