

光周波数比較において環境が光ファイバー伝送系に与える影響

Environmental noise evaluation of fiber-based interferometer for optical frequency comparison

産総研¹, JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ², ○和田 雅人^{1,2}, 大久保 章^{1,2}, 稲場 肇^{1,2}

NMIJ, AIST¹, JST, ERATO MINOSHIMA IOS², °Masato Wada^{1,2}, Sho Okubo^{1,2}, Hajime Inaba^{1,2}

E-mail: masato.wada@aist.go.jp

近年、光周波数標準の高精度化により、狭線幅レーザーの低雑音なコヒーレント光を遠隔地や他の実験室に伝送する機会が増加している。特に、光ファイバーでスペクトル線幅の狭いレーザーを送る際には、光ファイバーの光路長変動により生じるファイバーノイズがレーザーの位相雑音を増加させる。そのため、光源の周波数雑音を増やすことなく伝送し、その上で評価を行うことが重要である。

一般的に、光キャリア伝送ではレーザー光を光ファイバーに結合し、音響光学変調器 (AOM) を通して遠端へと伝送する。遠端ではその光の一部を反射して、同一の光ファイバーを通して送信元に送り返す。この返送光と元の参照光のビート信号を取り、伝送路に起因する位相変動を検出し、これがゼロになるように AOM を制御することでファイバーノイズキャンセル (FNC) を行う。FNC が達成された系において問題となるのは、ビートを観測するために用いる干渉計部 (図 1 破線内) である。このうち赤線部は FNC ができず、ここに印可される環境由来の雑音が最終的に干渉計で観測される信号の位相雑音におけるノイズフロアとなる。これは、短距離伝送では FNC が完全に近いので、アラン偏差において短い平均時間で顕著に現れ始める。また、長距離伝送の場合には FNC が完全にはほど遠く、短期安定度が悪いため、干渉計由来のノイズフロアは長い平

均時間においてアラン偏差を制限する要因となる。

本研究では、光ファイバーのみで構成されるビート干渉計を用い、10 m の長さの光ファイバーに生じるファイバーノイズを評価した。本実験においては、干渉計のファイバーノイズ源を取り除くために、干渉計を①密閉容器に入れる②真空容器に入れる③温調する④防音・防振用エンクロージャーに入れる、の 4 種類の方法を試した。それぞれの方法で取り除けるノイズ減が干渉計の位相変動にどの程度寄与するか、位相雑音およびアラン偏差で評価した。上記①～④の方法を同時に実行すると、10 m の光ファイバーが受けるファイバーノイズによって制限される周波数比較精度は、1 秒平均のアラン偏差で $4 \sim 6 \times 10^{-18}$ 、1000 秒平均で 10^{-20} 台に到達した。本講演では、ファイバーリンク等の光ファイバー型干渉計を低雑音化するために、こういった対策が有効であるか、その詳細な報告を行う。

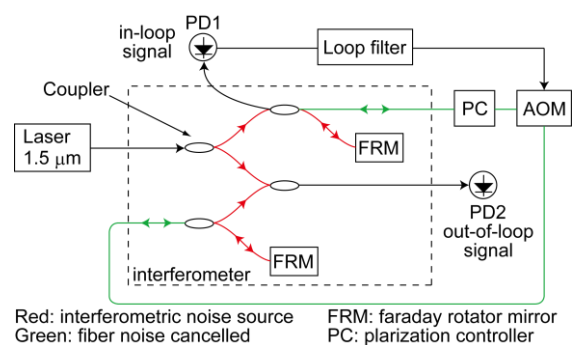


図 1 本研究で用いた干渉計