

1.5 μm 帯ファイバーフィルターを用いたインコヒーレントドップラーライダー

The incoherent Doppler lidar using a 1.5 μm fiber filter

柴田泰邦、長澤親生、阿保 真

Yasukuni Shibata, Chikao Nagasawa and Makoto Abo

首都大学東京 システムデザイン学部

Tokyo Metropolitan University

Abstract : It was proposed that the fiber Bragg grating (FBG) filter used as a wavelength separation filter in the optical-communication field, a temperature sensor, and a distortion sensor is used for Doppler shift detection. Since a FBG filter consists of a diffraction grating, only the arbitrary wavelength which fills the Bragg condition is reflected. Improvement of a signal to noise ratio is expected by use of the ratio of filter transmission light and the reflected light. In this paper, the characteristics of a FBG filter and the result of a Doppler shift measurement experiment are reported.

1. はじめに

ドップラーライダーはミー散乱やレイリー散乱に含まれる風によるドップラーシフト成分を測定することにより風速・風向が求められる。一般的に、インコヒーレントドップラーライダーで風速を測定する場合、レイリー散乱またはミー散乱のいずれかを使用するため、フィルターなどを用いて両者を確実に分離するか、測定高度範囲が制限されるがミー/レイリーの卓越する信号のみを用いる。Garnier 等、Chanin 等、Korb 等は、レイリー散乱信号用に 2 枚のエタロンフィルタをレイリースペクトルの裾に置く方法を提案した。ドップラーシフトは個々のフィルタ透過信号強度比の変動から得る。また、1 本のヨウ素吸収線の 2 つの傾斜部分を用いるインコヒーレントドップラーライダーは、ミー散乱を取り除くため、レーザ周波数はフィルタ中心周波数 ν_0 からミー散乱を十分除去できる少しスロープ寄りの 2ヶ所 $\nu_0 \pm \nu_s$ に交互に同調され、各波長においてヨウ素フィルターを透過する信号強度比の変化からドップラーシフトを得る。これらエタロンやヨウ素フィルターを用いる場合、フィルターを透過する一部の信号を使うので、十分な SN を得ることが難しい。

そこで、波長多重光通信の波長分別フィルターおよび温度・歪センサーとして用いられている Fiber Bragg Grating (FBG) Filter をドップラーシフト検出フィルターに用いる方法を提案した。FBG フィルターはコア部に回折格子を形成した光ファイバーで、Bragg 条件を満たす任意の波長だけが反射される。FBG フィルターエッジ部にレーザ波長を同調し、フィルター透過光およびフィルター反射光の比からドップラーシフト成分を検出する。透過光と反射光を用いるため SN の向上が期待できる。また、前回講演にてミー散乱およびレイリー散乱の割合に測定精度が影響しないことを示した。今回は、試作した FBG フィルターの特性評価及び、ドップラーシフト測定の室内実験結果について報告する。

2. FBG フィルター特性評価

FBG フィルターはコア内にグレーティング構造を持たせることで、Bragg 条件を満たす任意の波長 λ_0 のみ反射させることができ、波長多重光通信の波長分別フィルターや、熱や圧力によるグレーティング間隔の変動による反射波長の変化から温度や歪の変化を捉えるセンサーとして利用されている。

Fig.1に示す光学系を組み、今回試作したFBGフィルターの

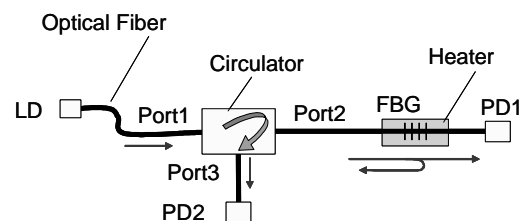


Fig.1 The block diagram of filter shape measurement.

反射特性を測定した。光源はDFBレーザ(20mW, 線幅1.2MHz)、光サーキュレータは中心波長1550nm、バンド幅 $\pm 20\text{nm}$ で、全ての素子がシングルモードファイバーで結合されている。光サーキュレータのPort1に入射したLD光はPort2を通りFBGフィルターに導かれる。FBG透過光はフォトダイオード(PD1)で受光する。一方、FBG反射光は再びPort2に入射し、Port3から出射された後、フォトダイオード(PD2)で受光される。また、FBGフィルターは 30.00 ± 0.01 で制御した。Fig.2にFBGフィルターの特性を示す。図のReflectionはPD2とPD1の比を示す。中心波長は1549.85nm、半値全幅0.24nmであった。

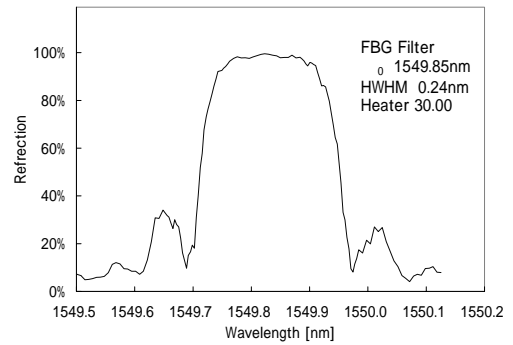


Fig.2 The FBG filter shape.

次に、FBGフィルターの温度特性を測定した。Fig.3にFBGフィルターを28.00、30.00、32.00(それぞれ ± 0.01 で制御)としたときのフィルター特性を示す。温度変化による波長シフトは $4.6\text{pm}/(610\text{MHz})$ であった。FBGフィルターを ± 0.01 で制御した場合、視線方向の風速に換算したフィルターの温度揺らぎによる風速誤差は $\pm 4.6\text{m/s}$ であることが分かった。

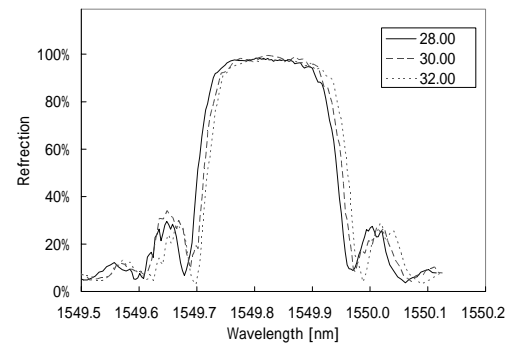


Fig.3 The FBG filter shape in various temperature.

3. ドップラーシフト検出実験

Fig.4に示す光学系を組み、回転体からの反射光に含まれるドップラーシフト成分の検出を試みた。LD他、実験に用いた素子はFig.1と同じで、FBGフィルターは 30.00 ± 0.01 で制御した。DFBレーザの波長をFBGフィルターの傾き中心部に同調し、任意の回転速度に対するPD1とPD2の比からドップラーシフト成分を求め、回転速度を算出した。Fig.5に回転体の実際の速度に対してFBGフィルターにより得られた回転体の速度の関係を示す。フィルター温度の揺らぎ ± 0.01 による風速誤差($\pm 4.6\text{m/s}$)内に収まっていることから、FBGフィルターを用いてドップラーシフトを検出可能であることが示された。

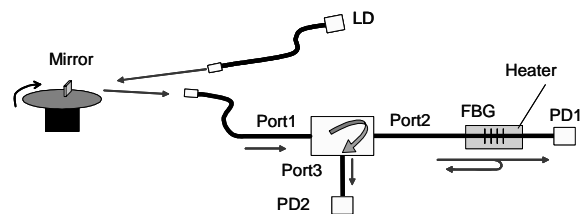


Fig.4 The block diagram of a Doppler shift detection experiment using a body of rotation.

4. 今後の課題

より測定感度の高いフィルターの製作及び温度変化による影響の軽減が、測定精度の向上ならびに誤差要因の軽減の課題となる。

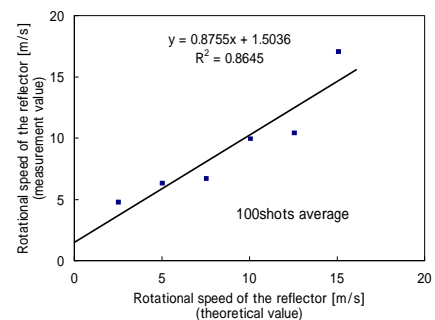


Fig.5 The result of the Doppler shift detection experiment using a body of rotation.