

1.6 μm 帯 CO₂ モニタ DIAL 用全光ファイバ型波長ロック回路の開発

Development of fiber-based wavelength locking circuit for 1.6 micron CO₂ monitoring DIAL system

今城 勝治、亀山 俊平、平野 嘉仁、上野 信一、川上 修司*、中島 正勝*

Masaharu Imaki, Shumpei Kameyama, Yoshihito Hirano, Shinichi Ueno

Shuji Kawakami*, and Masakatsu Nakajima*

三菱電機 (株)、(独) 宇宙航空研究開発機構*

Mitsubishi Electric Corporation, Japan Aerospace Exploration Agency*

Abstract

We have demonstrated the wavelength locking circuit for 1.6 micron Differential Absorption Lidar (DIAL) system for CO₂ monitoring. The optical circuit is fiber-based and the wavelength is locked on 1572.992 nm which is the CO₂ absorption line center. The locking circuit utilizes the optical phase modulation and has the error signal correction function. This function reduces the wavelength offset error caused by the etalon effect generated in the optical phase modulator. By using this function, the wavelength stabilities of 0.02pm for short time and 0.1pm for long time are realized.

1. まえがき

1.6 μm 帯 CO₂ モニタ DIAL(Differential Absorption Lidar)[1]では、基準光源の出力波長を 1.6 μm 帯吸収線中心に高精度・高安定にロックさせることが必要とされる。ここでは、上記 DIAL 用に開発した全光ファイバ型波長ロック回路について報告する。

2. 回路構成

回路構成を図 1 に示す。光部品間を全てシングルモード光ファイバで接続する全光ファイバ型回路構成としている。LD からの 1.6 μm 帯 CW 光を 2 分し、一方を出力光として使用し、他の一方を波長ロック用を使用する。波長ロック用の光信号に位相変調をかけた後、カップラにより 2 分する。一方に関しては CO₂ 封入ガスセルを通し PD により電気信号に変換する。出力波長が吸収線中心からずれると、位相変調によりスペクトル上で生じる $\pm n$ 次(n : 次数)のサイドバンド成分が非対称な吸収を受けるため光強度に変調が生じ、この変調振幅に比例した信号が PD から出力される。この信号をロックイン検波した後 AD 変換し、CPU にて誤差信号として検出する。CPU は誤差信号をゼロとするよう LD の駆動電流に制御をかけ、出力波長を吸収線中心にロックさせる。この際、光透過率波長依存性がガスセルのみに存在することが、理想動作するための条件となる。しかし実際には、変調器内のエタロン効果による上記依存性が存在し、変調器-PD 間の透過率が最小となる波長が吸収線中心からシフトし、オフセット的な波長誤差要因となる。また、周囲温度変化によって上記エタロン特性が変動すると、オフセット誤差量変動し波長ドリフトが生じる。そこで、カップラからの他方の出力を直接 PD に入力して変調器でのエタロン効果により生じる不要強度変調成分の振幅をモニタし、誤差信号に補正をかける。この補正を行うことで、オフセット的、ドリフト的な波長誤差を抑圧し、安定動作できる構成となっている。

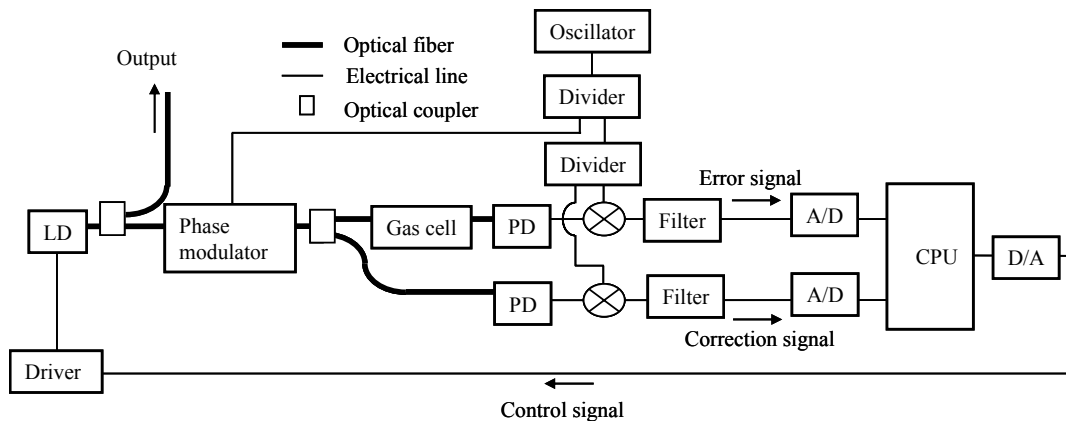


Fig. 1. Configuration of the wavelength locking circuit.

3. 評価結果

2. で述べた誤差信号補正機能の有効性を確認するため、補正 ON・OFF 時の出力波長を波長計により計測し比較した。結果を図 2 に示す。ロックさせている吸収線の中心波長は 1572.992nm である。図中第 2 縦軸は位相変調器の温度であり、図から分かるように補正 ON・OFF 時の各々において変調器部分を局所的に急激過熱し温度変動を与えている。図から、補正 ON 時においてのみ波長が安定しており、機能の有効性を確認できる。波長の短時間変動の評価結果を図 3 に示す。測定ではまず、波長ロック動作を OFF にして LD の駆動電流を変えて波長を動かし誤差信号電圧と波長の関係を把握した。次に波長ロックをかけた状態での誤差信号電圧を測定し、この電圧の変動から波長の短時間変動量を導出した。図から導出した波長変動量は 0.02pm である。次に、長時間変動の評価結果を図 4 に示す。この測定では、図 2 と同じ急激加熱の他、室温変化に伴う緩やかな温度変化も与え、波長計による計測を行った。図では波長の残存ドリフトが見られるが、このドリフト込みで 0.1pm の精度を確保できている。

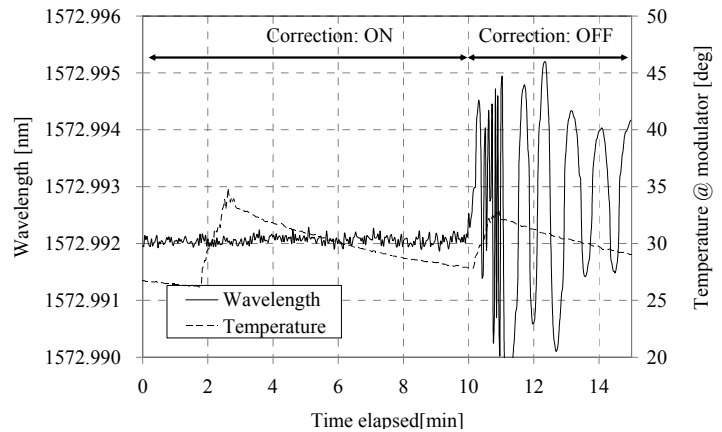
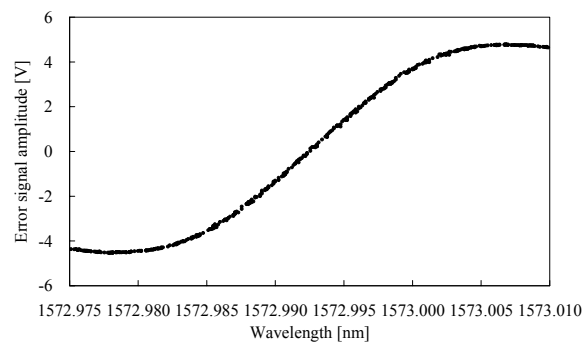
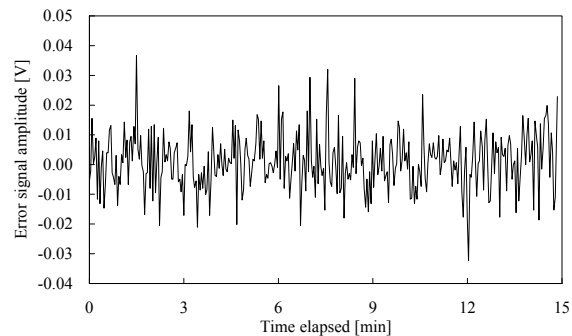


Fig. 2. Time record of wavelength when error signal correction is turned ON and OFF.



(a) Error signal amplitude versus wavelength.



(b) Time record of error signal amplitude.

Fig. 3. Evaluation result of short time wavelength stability.

4. まとめ

1.6 μ m 帯 CO₂ モニタ DIAL 用に開発した全光ファイバ型波長ロック回路について報告した。位相変調器で生じる不要なエタロン効果の影響を抑圧する誤差信号補正機能を用いることで、周囲温度に依存することなく短時間変動：0.02pm、長時間変動：0.1pm の波長精度を実現した。これらの精度は、地上 1km の伝搬パスにおける CO₂ 吸収量計測精度 0.01% 以下に相当しており、上記 DIAL 地上検証モデルの ON 波長光源として十分な値である。

参考文献

[1] 亀山他、レーザーセンシングシンポジウム予稿集 (2008) .

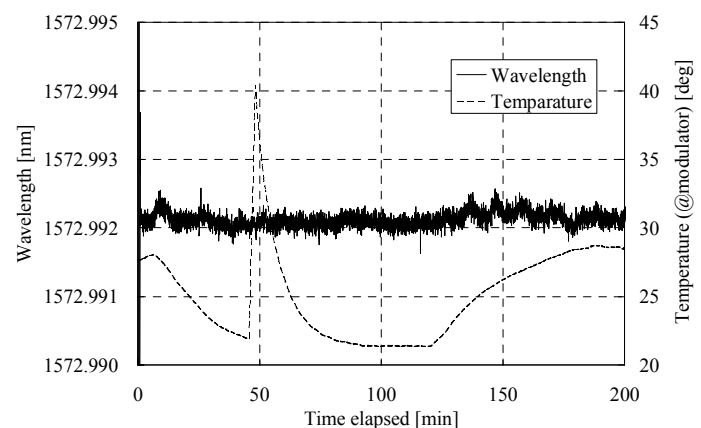


Fig. 4. Evaluation result of long time wavelength stability.