

温室効果ガス計測のための差分吸収ライダーの開発

Development of Coherent Differential absorption lidar for greenhouse gas measurement

石井昌憲, 水谷耕平, 板部敏和, 青木哲郎, 佐藤 篤*, 浅井和弘*

S. Ishii, K. Mizutani, T. Itabe, T. Aoki, A. Sato*, and K. Asai*

情報通信研究機構, *東北工業大学

NICT, * Tohoku Institute of Technology

Abstract

The National Institute of Information and Communications Technology (NICT) started a new 5-year program to develop a coherent differential absorption lidar for atmospheric CO₂ measurement in April, 2006. Effects of atmospheric temperature and laser wavelength uncertainties were investigated and candidate wavelengths were selected. A high-energy pulsed single-frequency Tm:Ho:YLF laser was developed and the laser operates at a pulse repetition frequency of 10 Hz and emits an output energy of 45 mJ with pulse width of 200 ns (FWHM). The receiver is based on a 10-cm-diameter off-axis telescope, 2- μ m waveguide coupler with a 50/50 split ratio, and two InGaAs balanced receivers. We present the coherent differential absorption lidar developing at the NICT.

1. はじめに

情報通信研究機構では、第1期中期計画（2001-2005カ年）において目に安全な2 μ m レーザを用いた衛星搭載用コヒーレントドップラーライダーの基盤技術の研究開発を行った。第1期中期計画の最終年度である2005年に、コヒーレントドップラーライダーの基盤技術をもとに第2期中期計画に向けた温室効果ガスであるCO₂濃度計測用コヒーレント差分吸収ライダー開発について検討を行った。2006年4月に第2期中期計画が開始され、大気中のCO₂濃度計測用コヒーレント差分吸収ライダー開発を始めた。本発表では、情報通信研究機構において開発が進められているCO₂濃度計測用コヒーレント差分吸収ライダーの開発状況について報告する。

2. 差分吸収コヒーレントライダー

Fig. 1 にコヒーレント方式による差分吸収ライダーブロック図を示す。コヒーレント方式とは、ある周波数の信号光にそれと周波数が異なる参照光を重ね合わせ、光のビート信号を検出器で検出する方法で、光ヘテロダイン検波と呼ばれる。このビート信号は、参照光用レーザとエアロゾル等（以下、エアロゾル）によって散乱された光によって生じる。生じたビート信号を周波数解析することによって、エアロゾルによる受信電力が得られる。パルスレーザを用いる差分吸収ライダーは、CO₂のような大気中の微量成分を、パッシブセンサーでは不可能な高い距離分解能で、測定可能な優れた手法である。差分吸収ライダーで大気中の微量成分濃度得るために、光を吸収する波長(λ_{on})と光を吸収しない波長(λ_{off})を用いてそれぞれの受信電力を計測し、それぞれの電力比より濃度を決定する。したがって、差分吸収ライダーでは2つ以上の波長のパルスレーザが必要である。情報通信研究機構では、これまで Tm:Ho: YLF (2.051 μ m) を用いた高出力パルスレーザの開発を行ってきた (ex 繰返し: 10Hz, パルスエネルギー: 420mJ)。これを踏まえ、我々は CO₂ 計測用差分吸収ライダー用レーザとして、開発実績のある Tm: Ho:YLF を用いた単一波長高出力パルスレーザを用いることとした。Tm:Ho: YLF パルスレーザは、平均出力 0.45 W (繰返し: 10 Hz, パルスエネルギー: 45 mJ, パルス幅_{FWHM}: 200 ns) である。選択した λ_{on} と λ_{off} は、それぞれ 2050.967 nm と 2051.250 nm である。2 μ m 帯における CO₂ の吸収線の多くは吸収断面積が大きく、吸収量が大きすぎる。そのため、 λ_{on} を選択する際、通常は吸収量が最も大きい波長から少しずらした波長に λ_{on} を設定するが、本報告では波長制御の観点から試験的に吸収量が最も大きい 2050.967 nm に固定することとした。レーザは、口径 10cm、拡大率 10 倍の軸外シメルセンヌ式望遠鏡で射出され、大気中から散乱された光は同じ望遠鏡によって受光され

る。受光された光は、開発した 2 μm 用 3dB 光カプラーを通り、参照光となる単一波長の CW レーザと混合され、2 μm 用 InGaAs バランスレシーバーを用いて光ヘテロダイン検波される。バランスレシーバーで検出された信号は、フーリエ変換され、 λ_{on} と λ_{off} に対する大気からの受信電力を得る。現在、 λ_{on} 波長と λ_{off} 波長でレーザを大気中に射出し、光ヘテロダイン検波した受光信号を確認したところ、レーザ発射地点から距離約 1km まで、 λ_{on} 波長の受光信号が λ_{off} 波長の受光信号より小さくなっていることが確認された。この結果から λ_{on} 波長のレーザ光が CO_2 の吸収ラインにあうように制御されていることが解り、地上での試験観測実験が行える段階になった。

3. まとめ

今回、情報通信研究機構で開発を進めている 2 μm レーザを用い、コヒーレント方式による CO_2 濃度計測用 DIAL の概要を紹介した。2 μm レーザ及び受光系の開発はほぼ終わり、レーザの波長安定度や受光系の効率等のシステム全体の効率向上を現在行っている。今後、地上での試験観測実験、連続観測実験と順次行っていく予定である。

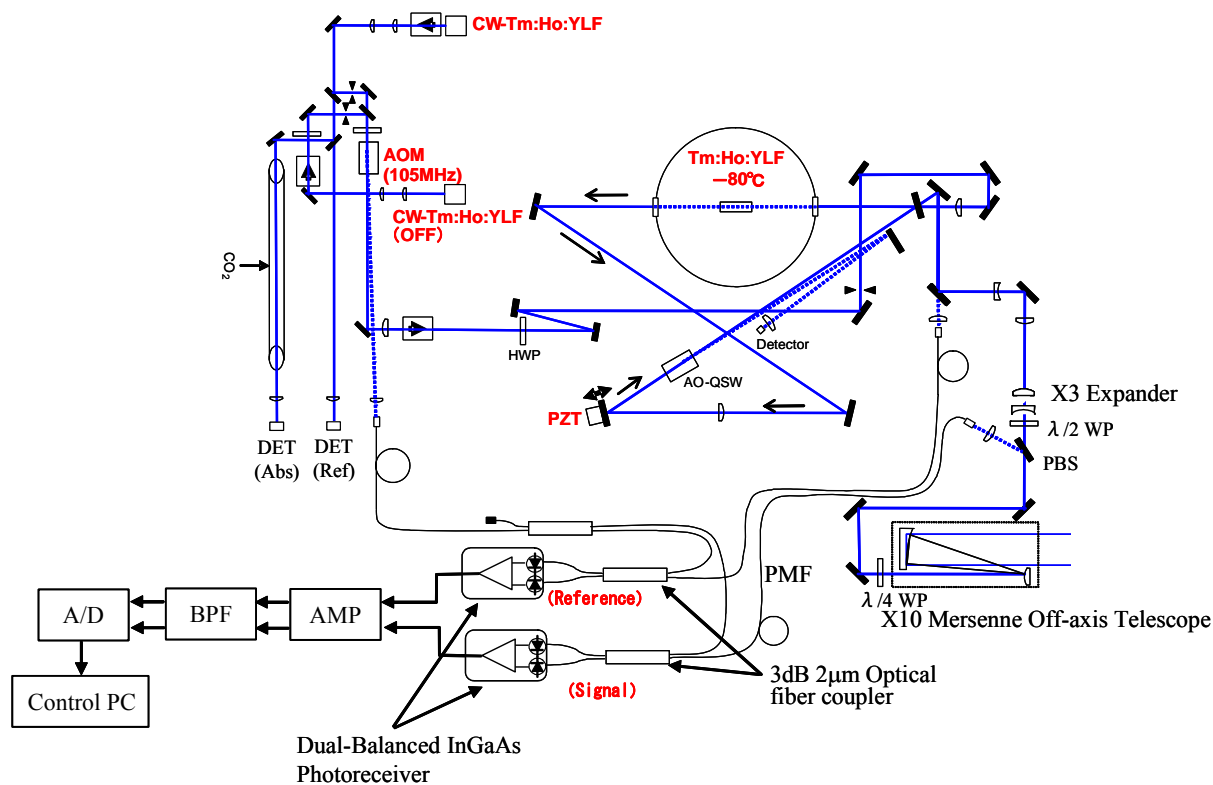


Fig. 1 Block diagram of CO₂ DIAL