

水蒸気 DIAL の半導体レーザー波長制御アルゴリズムの開発

及川 栄治¹, 酒井 哲¹, 阿保 真², 西橋 政秀¹, 永井 智広¹, 吉田 智¹

¹気象庁気象研究所 (〒305-0052 茨城県つくば市長峰 1-1)

²東京都立大学 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

Development of wavelength stability control algorithm of laser diode for water vapor DIAL

Eiji OIKAWA¹, Tetsu SAKAI¹, Makoto ABO², Masahide NISHIHASHI¹, Tomohiro NAGAI¹,
and Satoru YOSHIDA¹

¹Japan Meteorological Agency / Meteorological Research Institute., 1-1 Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305-0052

²Tokyo Metropolitan Univ., 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

Abstract: Our group has been developing the differential absorption lidar (DIAL) for the observation of water vapor vertical distribution. The laser diode is used for laser transmitter and the output wavelength depends on injection current and temperature. We select the wavelength of 829.054 nm (on water vapor absorption) and 829.124 nm (off water vapor absorption) for water vapor DIAL observation. We develop the algorithm to control the injection current and temperature of on-beam laser diode for the wavelength stability. This algorithm works well and the fluctuation of the wavelength is within 0.5 pm.

Key Words: DIAL, Water vapor, Lidar, Laser diode

1. はじめに

大気下層の水蒸気が上空に持ち上げられることで積乱雲が発生する。そのため、線状降水帯の形成には大気下層から流入する水蒸気が重要だと考えられており¹⁾、ラマンライダーによる水蒸気の鉛直分布の観測を行ってきた²⁾。このラマンライダーの観測では太陽光の影響により日中の観測高度が夜間より低下してしまうという課題があった。そこで、気象研究所と東京都立大学は共同で日中の観測高度が低下しない差分吸収式ライダー (DIAL) の開発に取り組んでいる。開発中の水蒸気 DIAL の概要については本シンポジウムでの西橋らの発表を参照されたい。本研究では、DIAL で用いる半導体レーザーの波長制御機構の開発に取り組んだ。

2. 方法

水蒸気 DIAL では、水蒸気の光吸収の大きい波長 (On-beam 波長) と光吸収の小さい波長 (Off-beam 波長) で観測を行い、この 2 波長での水蒸気の光吸収係数の差から水蒸気数濃度が求められる。

本研究では、水蒸気 DIAL のレーザー光源として、分布反射型 (DBR) 半導体レーザーを使用している。DBR レーザーは、電流注入によって光導波路の等価屈折率制御を行うことができる波長可変レーザーである。DBR レーザーを用いることにより、829.054 nm (On-beam 波長) と 829.124 nm (Off-beam 波長) のレーザー出力が可能となる。Fig. 1 は、気体吸収データベース HITRAN³⁾ を用いて計算した波長 828.099 nm から 829.15 nm までの水蒸気の吸収断面積を示している。この波長帯において、829.02 nm の吸収断面積のピークが一番大きい。こちらのピークでは気圧によって吸収断面積が大きく変化するので、ピークにおける吸収断面積の変動が小さい 829.054 nm を On-beam 波長として選択した (Fig. 1 左図)。また、気圧が低くなる高高度では On-beam 波長 (Fig.1 右図、赤線) の周辺での吸収断面積の波長に対する変動が大きくなるので、水蒸気の濃度推定にはレーザーの出力波長を正確に制御する必要がある。そこで、On-beam 波長を安定させるための波長制御機構の開発を行った。DBR レーザーの出力波長は注入電流と温度で調節可能であるが、出力パワーが電流に依存するため電流は 235 mA で固定し、温度を調節することで基準波長からの変動を ± 0.5 pm 以内に制御するアルゴリズムを開発した。これにより、リトリバルの際の吸収断面積の誤差を数%以下にすることが可能となる。

3. 結果

Fig. 2 は、2023 年 6 月 19 日夕方から約 1 日間の On-beam 波長用 DBR レーザーの出力波長、電流、温度を示している。測定経過時間 4 時間から 5 時間において、波長が 829.0545 nm より大きくなった際に、温度を下げることで波長が基準波長 ± 0.5 pm の範囲内で推移しており、制御アルゴリズムが機能していることがわかる。

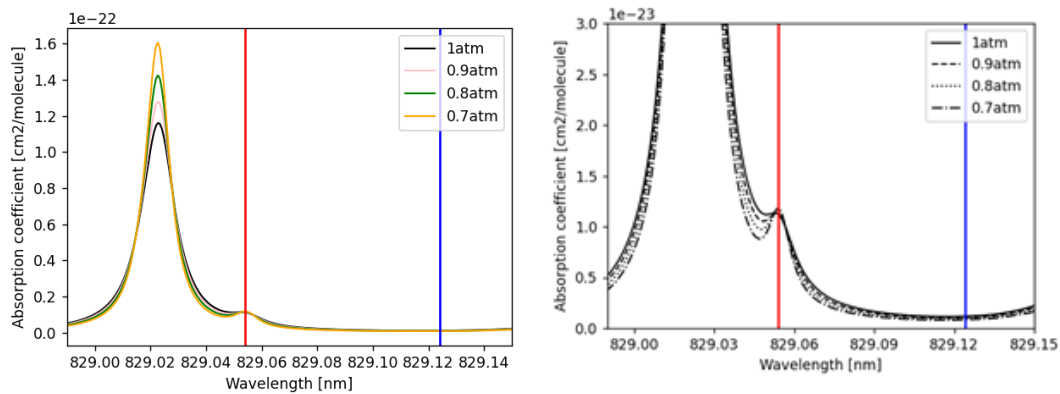


Fig. 1. Water vapor absorption cross section at air temperature with 280K and atmospheric pressure from 0.7 to 1 atm. The vertical axis is absorption cross section from 0 to 1.6E-22 cm² (left) and from 0 to 3E-23 cm² (right). Red line indicates 829.054 nm on water vapor absorption wavelength and blue line indicates 829.124 nm off water vapor absorption wavelength.

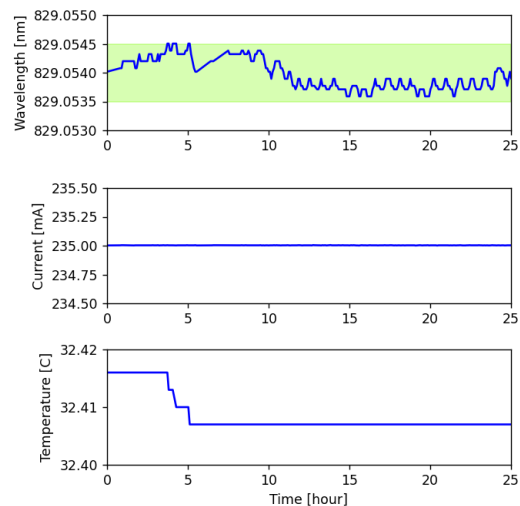


Fig. 2 Wavelength [nm] (top), injection current [mA] (middle), and temperature [°C] (bottom) of on-beam laser diode from 19th to 20th June, 2023. The horizontal axis is the lapse time from the start of measurement [hour]. The green color of top panel indicates the range of the wavelength within 829.054 nm \pm 0.5 pm.

参考文献

- 1) T. Kato: J. Meteor. Soc. Japan, 96, 69-83, (2018).
- 2) S. Yoshida et al.: Mon. Wea. Rev., 150, 1781–1798, (2022).
- 3) I. E. Gordon et al.: J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transf., 277, 107949, (2022).