

下部対流圏下層水蒸気密度CWライダーの開発

内海 通弘¹, 待鳥 雄哉², 福島 龍²

¹有明高専 創造学科 (〒836-8585 福岡県大牟田市東萩尾町 150)

²同専攻科 生産情報システム工学専攻

Development of a CW LIDAR for measurement of water vapor in the very lower troposphere

Michihiro UCHIUMI¹, Yuya MATTORI² and Ryu FUKUSHIMA^{1,3}

¹ Dep. Creative Eng., Natl. Inst. Tech. Ariake Col., 150 East Hagio Town, Omuta City, Fukuoka Pref., Japan 836-8585

² Advaned Course of Prod. Info. Sys. Eng., Natl. Inst. Tech. Ariake Col.,

Abstract: We are developing a differential absorption lidar, DIAL, for measurement of the atmospheric water vapor. An absorption line of water vapor at around 825 nm was used as a suitable wavelength for a DIAL measurement of the atmospheric water vapor. In order to lock the laser wavelength to the absorption line, an atomic Ar gas line around this water vapor line is selected as practice for lock target wavelength. As a first step, we succeeded in obtaining the Ar spectra using a Hollow cathode lamp and a lock-in amplifier.

Key Words: Laser Diode, LIDAR, DIAL, water vapor, troposphere

1. はじめに

大気中水蒸気は、1気圧でスペクトル幅が11pm程度と広いことと、水蒸気の吸収線が波長域の至る所にあり、比較的に手軽に測定できるので、DIALの練習には適しており、また水蒸気には、分光データとして、HITRAN (High-resolution TRANsmision molecular absorption database)¹⁾があり、データに事欠かないことも、メリットである。吸収の計測を行うことにより大気中水蒸気の数密度を直接測定することができる²⁾。しかも、気圧と温度データがあれば、それらを経由して2次的に湿度を求めることができる。我々は、温度を測定するところまでには、至っていないが、水蒸気密度を遠隔計測する技術を開発しているので報告する。

2. システムの概要

我々は半導体レーザーを用いた水蒸気ライダーを開発してきたものの、可搬性や精度に問題があった。パワーが弱い半導体レーザーをできるだけ光学ロスを少なく、大気に照射するため、望遠鏡の上にレーザーシステムの筐体を載せるというコンセプトではあったが、これ以上の改良を加えるには、困難であった。そこで、光ファイバを用いて身軽にするとともに、アンプで増幅することによりカバーする構成とした。

擬似ランダム変調^{3), 4)}によりライダー実験を行った結果を Fig. 1 に示す。パルス幅 100ns (距離分解能 15 m 相当)で、1データ長が 4095 パルスの

0,1 信号の M 系列 (M 系列長 4095) で、300Hz を送信した。

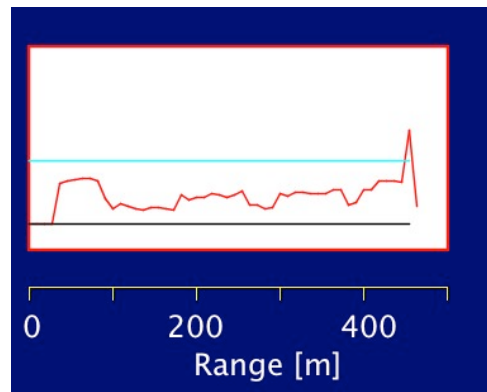


Fig.1 An example of horizontally measured density of the atmospheric water vapor. An upper straight line indicates the humidity of 100 %.

3. レーザの同調

レーザーを水蒸気の吸収線に同調するのに、現在は波長計を目視で利用して行なっている。精度向上のため、レーザーを自動で吸収線にロックするための基礎研究を行った。水蒸気のスペクトルは、1気圧で11pm FWHM以上あるので、中心に合わせ

づらい。そこで、練習のためのスペクトル幅の狭いターゲットを探した結果、水蒸気吸収線の近くにあるアルゴンガスのスペクトル線の波長 826.452[nm]を同調に着目した。このスペクトルを得るために、アルゴンガスとネオンガスが封入されたチタンの電極のホロカソードランプを利用した。実験装置を Fig.2 に示す。まず、外部共振器付半導体レーザ (ECLD, External Cavity Laser Diode) からの出力をチョップにより、明

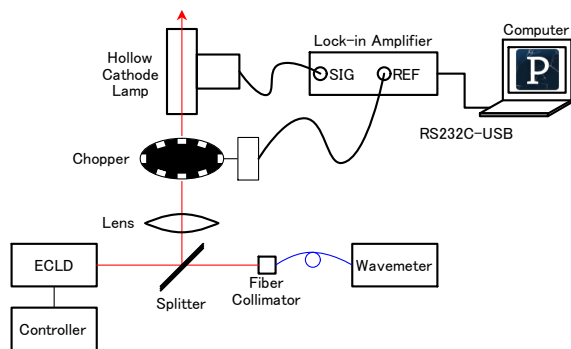


Fig. 2 Experimental setup for absorption spectra measurement using a Lock-in Amplifier.

暗点減信号とした。その矩形波の光はホロカソードランプへ導入され、そのガルバノ信号はロックインアンプへと送り解析する。また、チョップで生成される同期信号は、ロックインアンプへ参照信号として送られる。一方、ファイバーコリメータでレーザ光の一部を取り、波長計に導入する。ロックインアンプは、コンピュータと RS232-USB 変換ケーブルで接続され、コンピュー

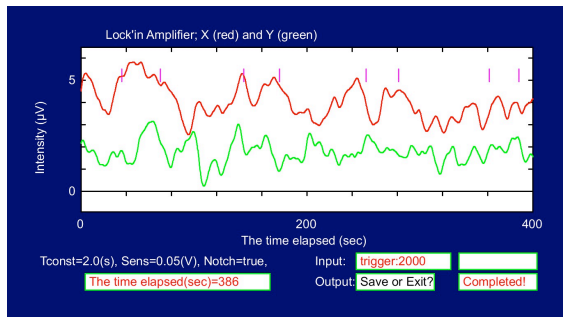


Fig. 3 An example of the result of spectra of Ar gas in a Hollow cathode lamp. A Red wave shows atomic Ar gas spectra. And a pink marker shows the position of Ar line center.

タにより制御される。レーザの波長をノコギリ波により 5pm 程度、周期変動させ、スペクトルを計測した。その結果を図 3 に示す。波長 1 往復で 2 回アルゴンのスペクトルが計測されているのがわかる。縦のマーカがついているのがアルゴンのスペクトルの位置である。

4. 考察

半導体レーザ光により、アルゴンのスペクトルを計測した。ノイズが多けれども、アルゴンのスペクトル線の中心付近でピークを取るスペクトルが得られた。今後は、この精度をあげて、side of fringe 法の同調に利用出来ないか検討する。

水蒸気の絶対密度を検定するため、レーザによる有効吸収断面積を計算する必要がある。そのためには、別途温度データが必要である。3 波長方式の採用が望まれる。

5. まとめ

DIAL による蒸気計測を行い、初期的なデータが得られた。on 波長として、825.499nm を用いた。

1. 水蒸気の時間変化を計測した。
2. 水蒸気の吸収線の近くのアルゴンのスペクトルの計測を行い、初期的なデータが得られた。

今後、フィールド実験で検証を重ねることによって、システムの改良を進めていきたい。今後は、波長ロックシステムを構築する必要がある。

参考文献

- 1) L. S. Rothman, D. Jacquemart, A. Barbe, D. Chris Benner, M. Birk, L. R. Brown et al. The HITRAN 2008 molecular spectroscopic database,” J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, Vol.110, pp. 533-572, 2009.
- 2) 例えば、R. B. Baumgartner and R. L. Byer, “Continuously tunable IR lidar with application to remote measurement of SO₂ and CH₄,” Appl. Opt., vol. 17, pp. 3555-3561, 1978.
- 3) 竹内延夫, 馬場浩司, 桜井捷海, 他: “半導体レーザを光源とする擬似ランダム変調 CW ライダーの試作と動作特性”, レーザ研究 第 13 巻 第 4 号, 1985, pp.353-364.
- 4) 上野敏行, 竹内延夫, 他: “M 系列擬似ランダム変調法を用いたレーザーレーダーの応答特性”, レーザ研究 第 16 巻 第 3 号, 1988, pp101-118.