

水蒸気観測用ランダム変調ライダーの開発

内海通弘, 待鳥雄哉, 福島龍
有明高専 (〒836-8585 福岡県大牟田市東萩尾町 150)

Development of a RMCW LIDAR for the atmospheric water vapor

Michihiro UCHIUMI, Yuya MATTORI, and Ryu FUKUSHIMA
Natl. Inst. Tech. Ariake College, 150 Higashi-Hagio-mahi, Omuta, Fukuoka 836-8585

We are developing a differential absorption lidar, DIAL, for measurement of the atmospheric water vapor. The absorption cross section of water vapor at around 825 nm was calculated in order to select the suitable wavelengths for a DIAL measurement of the atmospheric water vapor. Using these on and off wavelengths, a preliminary measurement for the atmospheric water vapor was performed.

Key Words: Laser Diode, LIDAR, water vapor

1. はじめに

湿度は、気象の予報を行う上で最も大事なパラメータの中の1つであり、レーザーダで測定する目的が十分あると考えられる。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、水蒸気の吸収線が波長域の至る所にあり、比較的簡単に測定できるメリットがある。水蒸気などの分光データとして、HITRAN (High-resolution TRANsmiission molecular absorption database)^[1]にまとめられていることも、メリットである。この信頼のおける分光データを用いて、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。今回、擬似ランダム変調^{[3][4]}は行わなかった。

2. 実験

これまで、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、問題があった。そこで、流行りの光ファイバを用いて身軽にするとともに、光学的損失をテーパードアンプで増幅することによりカバーする構成に変えたので報告する。また、これまでフォトンカウンタを使いこなせず、アナログのみの測

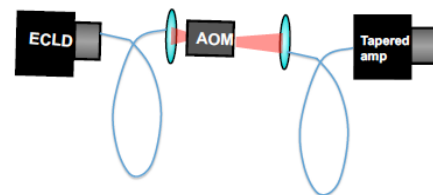


Fig. 1 Amplification of a laser diode.

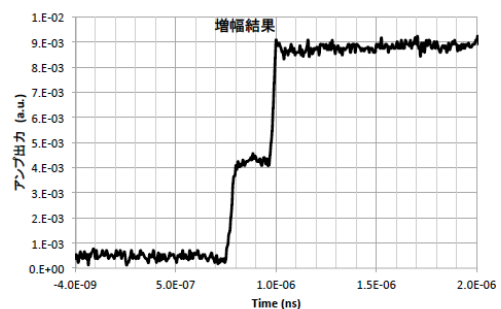


Fig. 2 Time chart of an amplified laser.

定であったが、licel トランジェントレコーダを導入できたので、観測に使ってみた。まだ十分に使いこなしていないが、初期的結果が得られたので報告する。

半導体レーザー光をライダー用にパルス化する必要があるが、安価であることから AOM を用いた。Fig. 1 に示すような構成を用いた。その後、

テーパードアンプで増幅する様子を示す。Fig. 2に増幅結果を示す。かなりの光学ロスが確認され

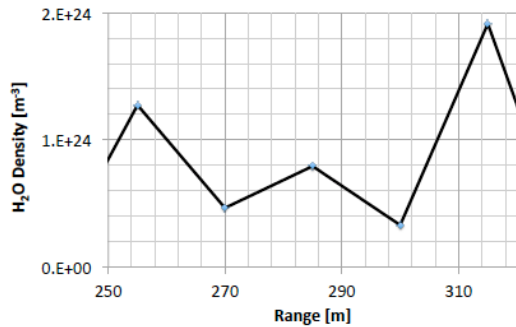


Fig. 3 An example of measured density of the atmospheric water vapor.

たが、ファイバ出力がパワーメータにうまく入らなかったため、フォトダイオードで測定した結果（相対値）を示した。

水平方向にレーザーを照射した結果を Fig. 3 に示す。水平に照射することにより、大気密度の減少を感じず測れるメリットがある。得られた水蒸気密度がやや大きい。実際の湿度、気温が高めであったのか検討を要する。

水蒸気の絶対密度を検定するため、レーザーによる有効吸収断面積を計算する必要がある。Fig. 4 にその計算結果を示す。

有効吸収断面積は、レーザーのスペクトルプロファイル $g(\nu)$ と吸収断面積のプロファイル $\sigma(\nu)$ とのコンボリューションで表される。

$$\sigma_{\text{eff}}(\nu) = \int \sigma(\nu') g(\nu - \nu') d\nu' \quad (1)$$

この式を使って有効吸収断面積は、次式で表される。

$$\Delta\sigma_{\text{eff}} = \sigma_{\text{eff}}(\nu_{\text{ON}}) - \sigma_{\text{eff}}(\nu_{\text{OFF}}) \quad (2)$$

レーザーの線幅は、シングルモードで 10MHz 程度であり、非常に狭い。吸収断面積を計算したところ、線幅 0.1pm 以下の線幅は無限小と近似できることがわかった。off 波長は、吸収断面積が小さくて、しかも干渉フィルタの中心波長近くの波長が良いと思われる。今回の計測では、on 波長のレーザー光が吸収されすぎたので、もっと弱い吸収線を用いたほうが良いかもしれない。

3. まとめ

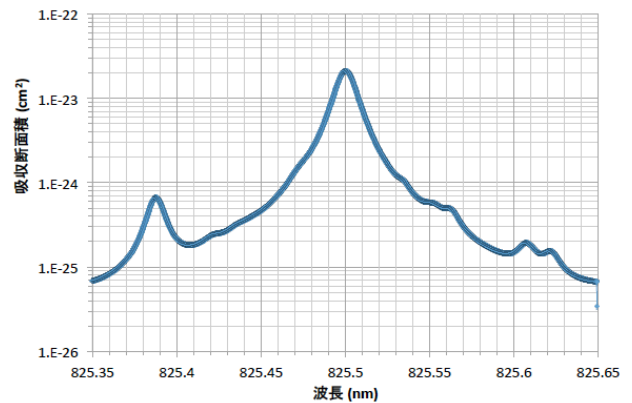


Fig. 4 Wavelength dependence of the effective absorption cross section of water vapor.

DIAL による蒸気計測を行った。on、off 波長を干渉フィルタの半値幅の波長幅の 824.66nm から 825.66nm に限って行った。

1. on 波長として、825.4992nm が最も吸収が強く吸収は十分大きいことが分かった。
2. off 波長として、824.45nm 付近を試みたが、最適化はしていない。
3. 有効吸収断面積を計算し、計測に用いた。適切な水蒸気密度が得られたと思われる。

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、三波長方式で温度も求める方法を検討する必要がある。

4. 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: “半導体レーザー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.