

LD 励起 Nd:YAG レーザを用いた 940nm 波長帯水蒸気 DIAL の開発

Development of 940nm water vapor DIAL using Nd:YAG lasers pumped by diode lasers

鍵和田哲史¹、長澤親生¹、阿保 真¹、柴田泰邦¹、永井智広²S.Kagiwada¹, C.Nagasawa¹, M.Abo¹, Y.Shibata¹, T.Nagai²都立大院工¹、気象研究所²Tokyo Metropolitan University¹, Meteorological Research Institute²

Abstract: We have developed the 946nm Nd:YAG microchip laser pumped by the LD, which is useful as a seed laser of a water vapor DIAL. Characteristics of this seed laser are presented in this paper. Additionally, we simulated the measurement errors of airborne water vapor DIAL. It is reported that the 940nm DIAL system can measure water vapor density with error less than 10% at altitudes between 10 and 15km.

1. はじめに

大気中の水蒸気密度分布は地球温暖化に影響する大気の熱放射などに影響をもち、NO₂、SO₂などの都市大気汚染物質との関連性が指摘されている。水蒸気の測定技術として、ラジオゾンデやGPS、ライダーなどが挙げられるが、中でもライダーによる測定は高い垂直分解能と測定精度を併せ持っており、航空機・衛星に搭載することで全世界的な観測も可能である。従来、航空機搭載型 DIAL は 810nm-820nm の水蒸気吸収線に同調するチタンサファイアレーザーが用いられてきたが、対流圏上部の希薄な水蒸気分布を測定するためには、さらに強い水蒸気吸収線をもつ 940nm 帯の DIAL が求められている。そのため、現在我々は Nd:YAG の 946nm 発振帯を用い、従来型に比べて軽量コンパクト化・高効率化が図れ、航空機・衛星搭載にも適した水蒸気 DIAL を開発中である。

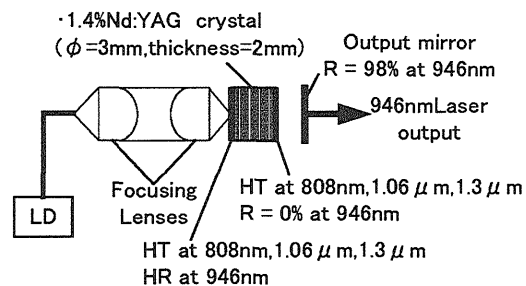


Fig1. Schematic diagram of microchip laser system

2. シード光源用マイクロチップレーザ

水蒸気 DIAL に用いるシードレーザの条件として、①単一モード、②水蒸気吸収線上での発振、③波長可変が挙げられる。そのため、我々は Nd:YAG の 946nm 発振線に着目し、単一モード・波長可変のため、複合共振器を用いた LD 励起マイクロチップレーザを開発した。Fig.1 は開発したマイクロチップレーザの概略図である。結晶は 1.4%Nd イオンをドープした、結晶長約 2mm、直径 3mm の平行平板である。励起光は最大出力約

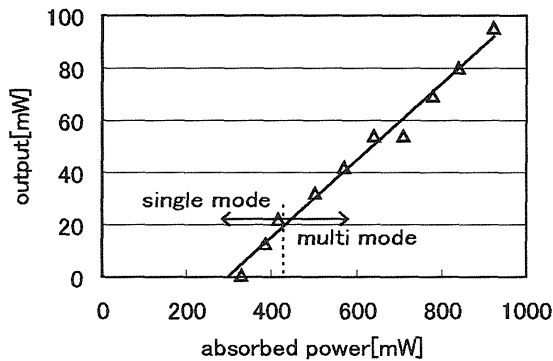


Fig.2 946nm output power versus absorbed pump power

1.5W、波長 808nm の LD を使用した。励起光入射側は波長 946nm に対して全反射、 $1.06\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ 、808nm に対して全透過コーティングをし、レーザ出力側は $1.06\mu\text{m}$ 、 $1.3\mu\text{m}$ 、808nm に対して全透過コーティングをした。また、結晶の出力側に反射率 98% の出力鏡を設置して複合共振器とし、PZT によって結晶と出力鏡との間の air gap 間隔を微小変動させることで波長の連続シフトを試みた。発振波長はパワーメータで測定し、その入出力特性を Fig.2 に示す。その結果、最大約 20mW のシングルモード発振を得、出力鏡を微小変動させることで約 0.2nm の波長シフトを確認した。

3. 測定誤差シミュレーション

940nm 帯の水蒸気 DIAL は従来用いられてきた 810nm-820nm の水蒸気吸収線では測定することが難しい対流圏上部などの希薄な水蒸気分布を測定するために開発している。そのため、高度 10km を飛行する航空機に搭載した場合の高度 15km までの測定誤差をシミュレーションした。Fig3 に高度 10km からレーザを打ち上げた場合

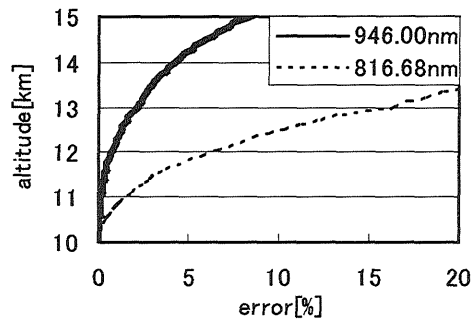


Fig.3 Measurement error versus altitude at altitudes of 10km-15km

のシミュレーション結果を示す。北緯 60 度、1 月のモデル大気を使用し、出力は 500[mJ]、繰り返しは 100[Hz]、高度分解能は 500[m]、水平分解能は 1[km]、受信鏡は直径 1[m] のものを仮定した。また、用いた波長は 946nm 付近で最も吸収率の高い 946.00nm と、810nm-820nm 間で吸収率の高い 816.68nm を選択した。シミュレーションの結果、946nm 帯の水蒸気吸収線を用いれば高度 15km まで測定誤差は 10% 未満となり、810nm-820nm の水蒸気吸収線に比べて精度良く測定できることが分かった。

4. まとめ

水蒸気 DIAL のシード光源として、単一縦モード出力 20mW、波長シフト 0.2nm の 946nmNd:YAG マイクロチップレーザを開発した。また測定誤差のシミュレーションを行い、高度 15km まで測定誤差 10% 未満で測定できることが分かった。今後の予定としては、シード光の出力を向上させ、946nm 帯のインジェクションシーディングレーザを開発していく予定である。