

飛翔体搭載用水蒸気DIALシステム の基礎開発研究

Development of Spaceborne Water Vapor DIAL

内野修 永井智広 藤本敏文 久保村浩之* 井元拓* 初田洋司雄*
守部紀夫* 長澤親生** 阿保真** 君山健二**

O. Uchino, T. Nagai, T. Fujimoto, H. Kubomura*, H. Imoto*,
Y. Hatsuta*, N. Moribe*, C. Nagasawa**, M. Abo**, K. Kimiyama**
気象研究所、日本電気*、東京都立大学**

Meteorological Research Institute, NEC Corporation*,
Tokyo Metropolitan University**

Abstract

A DIAL (Differential Absorption Lidar) system based on a single mode Ti:sapphire laser pumped a newly developed LD pumped Nd:YAG laser and a Ti:sapphire laser pumped by a conventional flashlamp pumped Nd:YAG laser was developed for basic research on future spaceborne water vapor DIAL measurement.

1. はじめに

炭酸ガスやメタン等のいわゆる温室効果気体の増加に伴う地球温暖化問題は科学的にも社会的にも大きな問題である。水蒸気は炭酸ガス等の他の気体に比べて最も温室効果の大きい気体でありそのわずかな変化も大きな影響を及ぼす。また水蒸気は蒸発・凝固などの相変化や大気の運動に伴う輸送過程を通して地球規模のエネルギー・水循環と密接に関連しており、水蒸気の鉛直プロファイルの高分解能グローバル測定が強く望まれている。衛星搭載水蒸気DIALライダーの実現はこのような要求に答えることが可能であり、それに向けてのシステム開発研究が急務である。

2. LD励起Nd:YAGレーザー

衛星搭載の場合のライダーとしては軽量小型で高効率が必要である。波長720~820 nmの水蒸気の吸収線を利用したDIALシステム用の波長可変レーザーとしては、現在のところチタンサファイアレーザーやBBOやKTP等の非線形結晶を用いた光パラメトリック発振OPO等が考えられる。いずれの場合も励起光源としては高効率LD(レーザーダイオード)励起Nd:YAGレーザーの開発が必要である。ここでは光産業技術振興協会が平成2年度に「衛星搭載ライダ用レーザー開発委員会」を設置して詳しい設計検討を行った後、平成3年度にNECが委託開発したLD励起Nd:YAGを使用した。

LDはSDL-3230-TZSD(60 mJ/200 μ s)を4個1組x3組=12個を用いて、直径5.5 mmx100 mmのYAGロッドの周囲に配置し励起の一様性を図った。LDの冷却は水冷で十分であった。720 mJのLD励起エネルギーに対して基本波(波長 $\lambda=1064$ nm)で最大出力115 mJが得られた。またKTPを利用したときの $\lambda=532$ nmの最大出力は55 mJであった。LDからの光エネルギーへの変換効率は44.4%であったので、 $\lambda=1064$ nmへの全電気エネルギー変換効率は7.1%に達した。

3. 水蒸気観測用DIALシステム

Fig.1 に水蒸気観測用DIALシステムのブロックダイヤグラムを示す。上記Nd:YAGレーザーで励起したチタンサファイアレーザー1(以下TSL1とする)を水蒸気の吸収を受ける波長 λ_{on} に用いた。このTSL1の出力は、 $\lambda=532$ nmの55 mJの励起エネルギーで、1.5 mJの出力が得られた。波長幅は0.7 pmで単一縦モードで発振する。TSL1の波長の安定性はウェーブメータ(WA-4500、分解能1 pm)で測定し

たところ一時間で2 pm程度であった。この波長の揺らぎは、主に室内の風や温度の変化によるものである。ビームの広がりには凸レンズの組合せによるエクパンダーを通したとき 1 mradであった。

水蒸気の吸収を受けないレーザー波長λ off用のチタンサファイアレーザーTSL2 (TS60)は、フラッシュランプ励起のNd:YAGレーザー (NY61)を用いて発生させた。TSL2は300 mJの励起光を用いて、3段増幅を行ったとき、λ=800 nmで最大出力 40 mJが得られた。ここでは水蒸気の吸収線として730 nm付近を利用したので、そのときの出力は15 mJであった。Table 1に送信部の特性をまとめた。

ライダーの受信部はレーザーを設置する部屋から階段を登ったドーム室に置かれている。受信望遠鏡にはシュミットカセグレンを用い、計測はTSL1の出力が小さいのと、より高高度までの観測ができるようにホトンカウンターを用いた。Table 2に受信部の特性をまとめた。

4. 水蒸気吸収線へのレーザーの同調方法

λ on用のレーザーTSL1の水蒸気吸収線への同調は、まず文献から吸収線のデータを利用してウェーブメータにより合わせた。さらに吸収線へのより正確な同調は、室内の気圧下で水蒸気を吸入したPhoto-Acoustic Cell (PASTEC モデル900)を用いて、マイクロホンからの出力信号が最大になるようにオシロスコープでモニターしながらTSL1をコンピュータコントロールして行った。

実際の水蒸気鉛直分布のフルド観測結果については講演で述べる。

Table 1 Performance of Transmitter

	λ on	λ off
Wavelength	729.239nm	729.102nm
Spectral Width	0.7pm	10pm
Pulse Energy	1mJ	15mJ*
Beam Divergence	1mrad	1mrad
Pulse Width	4nsec	9nsec
Pulse Repetition	4Hz	10Hz

Table 2 Performance of Receiver

Telescope Type	Schmidt Cassegrain
Aperture Size	355mmφ
Field of View	1.5mrad
Bandwidth of Filter	2.6nm (FWHM)
Transmission of Filter	55%
Detector Type	R1333 (Hamamatsu Photonics)
Photon Counter	SR430 (Stanford Research)
Gate Width	40nsec

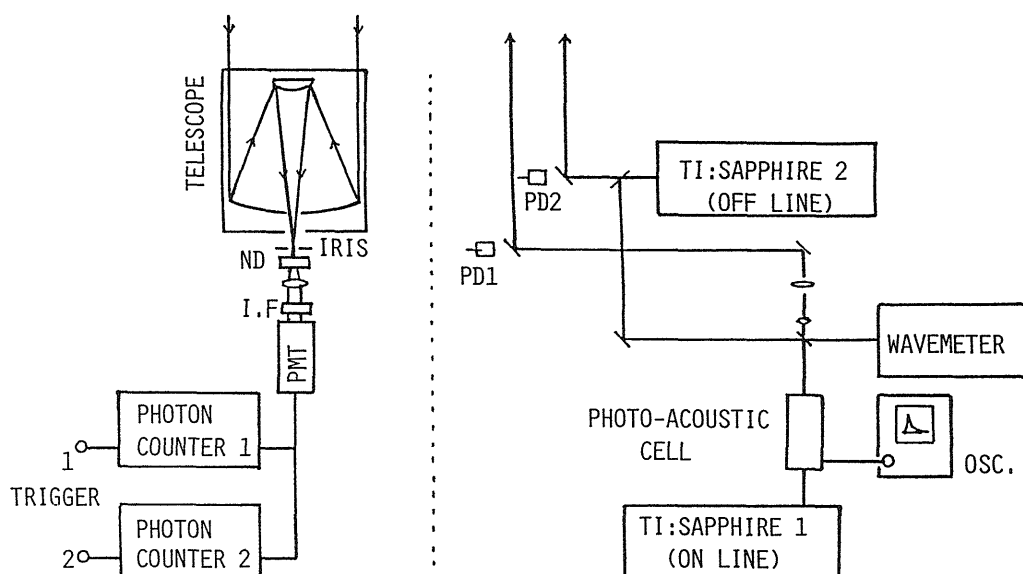


Fig. 1 Blockdiagram of water vapor DIAL system