

# 1.5 $\mu\text{m}$ 帯 Er,Yb:glass 導波路型増幅器を用いた コヒーレントドップラーライダによる 計測距離 30km 以上の風計測実証

Wind sensing demonstration of more than 30 km measurable range with a 1.5  $\mu\text{m}$  coherent Doppler LIDAR which has the power laser amplifier using Er,Yb:glass planar waveguide

亀山俊平、崎村武司、渡辺洋次郎、安藤俊行、浅香公雄、  
田中久理、柳澤隆行、平野嘉仁（三菱電機）、井之口浜木（宇宙航空研究開発機構）  
Shumpei Kameyama, Takeshi Sakimura, Yojiro Watanabe, Toshiyuki Ando, Kimio Asaka, Hisamichi Tanaka,  
Takayuki Yanagisawa, Yoshihito Hirano (Mitsubishi Electric Corporation),  
and Hamaki Inokuchi (Japan Aerospace Exploration Agency)

## Abstract

Recently, we have developed the high output power laser amplifier using Er,Yb:glass planar waveguide. After this development, we have developed the 1.5  $\mu\text{m}$  coherent LIDAR using this laser amplifier. In this paper, we introduce this development and a demonstrate of a long range wind sensing using the developed system. The output pulse has an energy of 1.4 mJ with a pulse repetition frequency of 4 kHz, in addition to a nearly diffraction limited beam quality. In the wind sensing, we demonstrate the measurable range of more than 30 km. To our knowledge, this is the longest measurable range demonstration for wind sensing coherent Doppler LIDARs.

## 1. まえがき

我々はこれまでに、波長 1.5  $\mu\text{m}$  帯風計測コヒーレントドップラーライダを開発し<sup>1</sup>、光増幅器の高出力化開発により、計測長距離化を図ってきた<sup>2,3</sup>。今回、改良開発したポストアンプ用 Er, Yb:glass 導波路型増幅器<sup>4</sup>を用い、システム開発を行った。ここでは、この開発および計測結果について報告する。

## 2. システム構成

システム構成ブロック図 1 に示す。光送受信ユニット (TRX unit) は、風計測コヒーレントライダのベースとなる構成を有しており、送信パルスの種光発生部と光ヘテロダイン受信部により構成される。基準光源として波長 1.55 $\mu\text{m}$  帯の狭線幅光源を使用し、2 分岐した出力の一方を送信に用い、他方を局発光として用いる。送信側を AO (Acousto-Optic) シフタを用いてパルス化するとともに、ヘテロダイン検波における中間周波数を重畳する。パルス光はユニット内部の EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier) によりピークパワーを約 5W に増幅し、次段のファイバ増幅器 (Optical fiber Amplifier) への入力光としている。また、光送受信ユニットにはファイバ型偏光コントローラを内蔵しており、次段のファイバ増幅器の出力光が直線偏波となるように偏波制御を行っている。2 段目の光ファイバ増幅器は、コア径をシングルモード伝搬が可能な最大径にまで拡大したシングルモード型 EDFA であり、入力された種パルス光のピークパワーを約 40W に増幅する。出力端には偏光子を接続し、分岐ポートを偏波モニタ光として使用してモニタ光のピークパワーが最小となるように上記偏波制御を行うことで、ポストアンプである導波路型増幅器への直線偏光入力を最大化する。光ファイバ増幅器の励起光源には、波長 1.48  $\mu\text{m}$  帯の半導体レーザ (LD) を使用している。光ファイバ増幅器の出力光を導波路型増幅器に入力して増幅させることにより、送信光として使用する。信号光の送受信は、倍率 15 倍 (開口直径 15cm) の望遠鏡 (Telescope) を介して行い、偏光ビームスプリッタ (PBS) と  $\lambda/4$  波長板を用いて光サーキュレータを構成している。受信光を光ファイバに結合させて光送受信部に入力し、ローカル光とヘテロダイン検波して電気信号に変換する。この信号をスペクトル解析し、受信光のドップラーシフトから風速を求めている。今回、導波路型アンプの出力を向上させたことで、システム動作において、パルスエネルギー 1.4mJ、パルス幅 600ns、繰り返し 4kHz を実現した。またビーム品質に関しても、 $M^2:1.3$  とコヒーレントドップラーライダに必要な高い値を合わせて実現した。システムの外観を図 2 に示す。

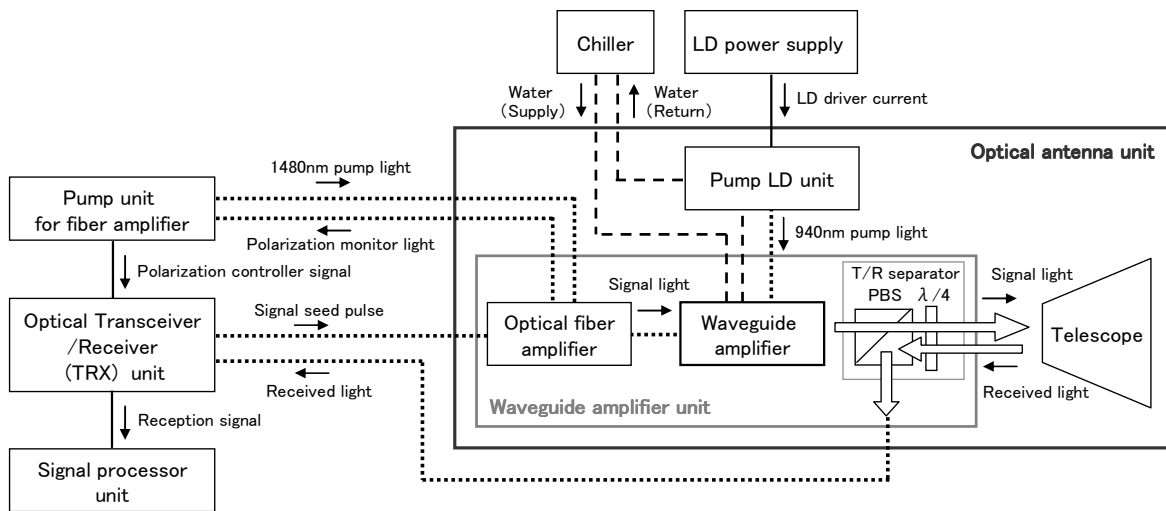


Fig.1 System configuration.

### 3. 評価試験結果

風計測の評価試験結果を図 3 に示す。信号処理における時間ゲート幅（距離分解能）：300m とし、積算数：16000 とした。信号処理ボードで一度に処理できる時間ゲート数に制限があるため、計測開始距離を 10km として、距離 30km 以上までの視線方向風速の計測を行った。送受信仰角に関しては、遠方に至るまで大気境界層内の計測となるよう、数度程度に設定した。図中縦軸の Detectability は、受信 SN 比に相当する値であり、4.5dB 以上が信号検出の目安である。図から、距離 30km 以上に至るまで連続的に十分な Detectability が得られており、また、視線方向風速についても、ランダム誤検出なく計測できていることが分かる。

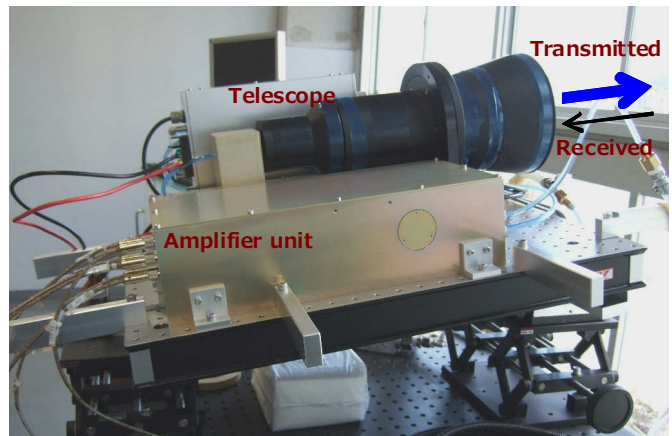


Fig.2 Appearance of the system.

### 4. まとめ

改良開発した波長 1.5 μm 帯 Er, Yb:glass 導波路型増幅器を用い、風計測コヒーレントドップラーライダーのシステム開発を行った。高ビーム品質を保持しつつ、パルスエネルギー1.4mJ への高出力化を実現し、本ライダーの計測距離として、世界最長となる 30km 以上を実証した。

### 参考文献

- [1] S. Kameyama et al., Appl. Opt., 46, pp. 1953-1962, 2007
- [2] T. Ando et al., Proc. of Mater. Res. Soc. Symp, 1076-K04-05, 2008.
- [3] 崎村他、第 29 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集、2011.
- [4] T. Sakimura et al., Proc. of CLEO Science and Innovations, CTu2D, 2012.

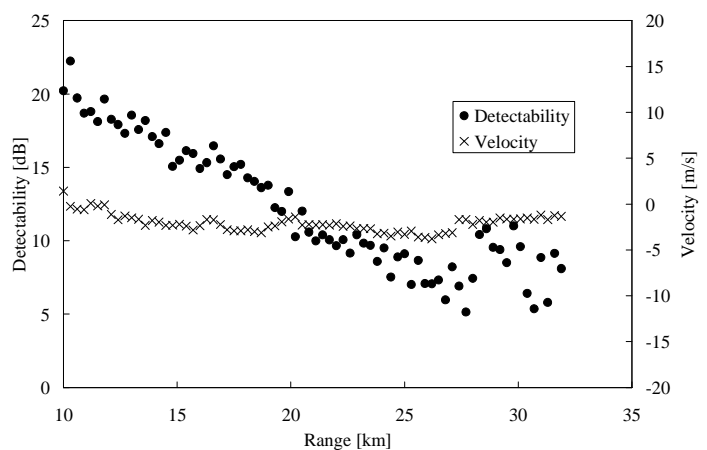


Fig.3 Measured result of range dependence on detectability and line-of-sight wind velocity.