

光ファイバアンプを用いた小型 DIAL 用光源の開発

長澤 親生, 阿保 真, 柴田 泰邦

首都大学東京システムデザイン学部 (〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6)

Development of the compact laser source using optical fiber amplifiers for DIAL

Chikao NAGASAWA, Makoto ABO, and Yasukuni SHIBATA

Tokyo Metropolitan Univ., 6-6 Asahigaoka, Hino, Tokyo 191-0065

Abstract: A new laser source for compact multi-purpose lidar system was proposed. The laser transmitter is available to the DIAL and Doppler lidar for the observations of three-dimensional gas constituents, particulates, temperature and wind distribution in the atmosphere. This laser source consists of the seeded optical fiber amplifiers with high repetition rate and narrow bandwidth.

Key Words: DIAL, optical fiber amplifier, atmospheric temperature, wind

1. はじめに

ライダー周辺技術の進歩により、ライダーの小型化と自動化が実現すると、距離方向の情報を持つライダーをネットワークで接続する「ネットワークライダー」を構築することで、立体的な気象・環境情報の取得が容易になる (Fig.1)。

システムが簡易で全自動観測が可能なミラーライダーが主流であったネットワーク観測は、近年の技術進歩によりヘテロダイン検波方式のドップラーライダーへと、ライダー手法の広がりが見られる。今後は高度な波長制御が必要な DIAL による水蒸気、CO₂、CH₄、SO₂などの微量気体観測を組み合わせたネットワークライダーの実現により、発生源の特定や動態予測が期待される。さらに気温分布のネットワークライダーの実現は、ヒートアイランド対策効果の測定、竜巻など局地的気象現象の予測などに貢献できる¹⁾。

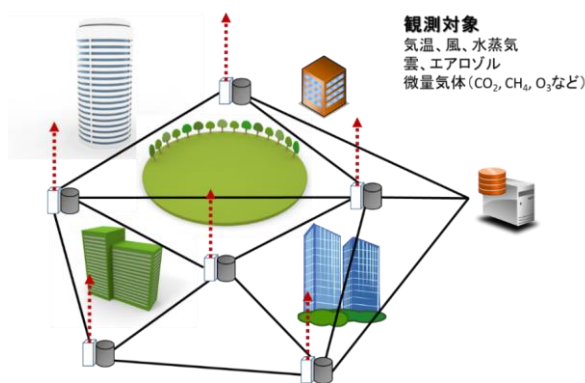


Fig.1 Schematics of the network lidar for three-dimensional atmosphere observations.

ドップラーライダー以外の従来の大気観測用ライダーの光源には、主に Nd:YAG レーザに代表される固体レーザが単体又は励起光源として用いられてきた。固体レーザは、LD 励起技術が進み効率は上がってきているが、共振器構造の安定性やインジェクションシーディング技術・波長整合システムなどを考えると装置の小型化には限界がある。一方 DFB レーザなど半導体レーザの狭帯域化、波長安定化の技術は進歩しており、各種ガスセンサへの利用が進んでいる。しかし、狭帯域半導体レーザのパルス化、高出力化は技術的に困難である。

DIAL に用いられる吸収波長は近赤外波長に多く存在する。また近距離のみの計測を想定するため、高繰り返しパルス方式が効率の観点から有効である。このような用途には光ファイバレーザまたは光ファイバアンプが有用である。

我々は、小型ライダーの送信レーザとして複数のレーザ方式を検討中で、DFB 狭帯域半導体レーザを LD 励起の Nd:YAG レーザに注入するパルス増幅方式を紹介した²⁾が、今回は、小型光ファイバアンプを用いた小型レーザの開発状況について報告する。

2. 光ファイバアンプ

利得媒質に光ファイバを用いたものを光ファイバ増幅器と呼び、希土類添加ファイバ増幅器と光ファイバラマン増幅器に分けられる。希土類添加ファイバ増幅器の代表は Er 添加ファイバ増幅器 (EDFA) と Yb 添加ファイバ増幅器 (YDFA) がある。EDFA は 1530~1610nm、YDFA は 1030~1090nm の信号光を増幅する。励起光波長は EDFA は 980/1480nm、YDFA は 975/915nm が用いられる³⁾。Fig.1 に前方励起型光ファイバ増幅器の基本構成を示す。

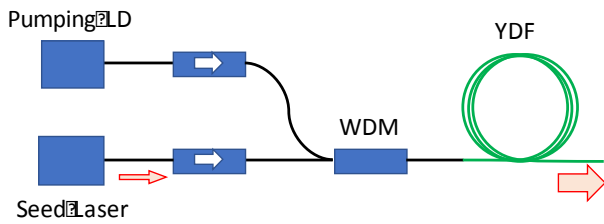


Fig.1 Block diagram of the YDFA (Yb Doped Fiber Amplifier). (WDM: Wavelength Division Multiplexer, YDF: Yb Doped Fiber)

光ファイバアンプはシード光の波長を安定化させれば、アンプ出力光も波長安定化され、さらに DIAL の場合シード光を切り替えるだけで容易に ON/OFF 波長の切り替えが出来る点にメリットがある。

3. 基礎実験結果

基礎的な CW での 1064nm YDFA の実験を Fig.1 の構成で行った。シード光は波長 1064nm の DFB レーザ、励起用には波長 976nm の FBG Stabilized LD、増幅媒質としては長さ 4m の Yb 添加ファイバを用いた。

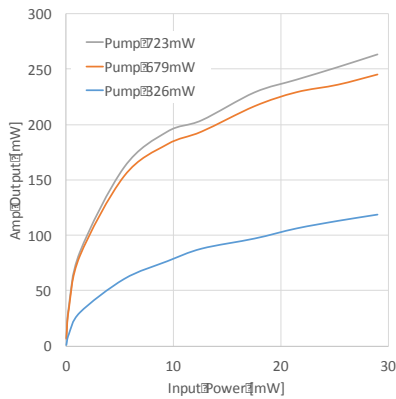


Fig.2 Input and output characteristics of the YDFA for different pump power.

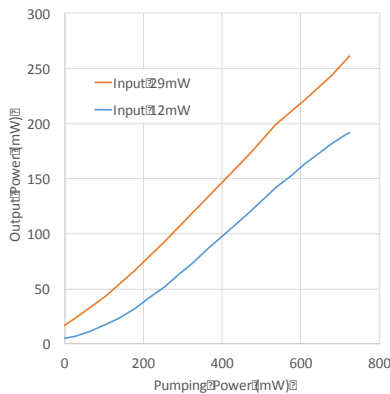


Fig.3 Output characteristics of the YDFA for different input power.

Fig. 2 に励起光パワーを変えたときの光アンプの入出力特性を、Fig. 3 に入力光パワーを変えたときの励起光パワーに対する出力特性を示す。また Fig.4 には入力光パワーを変えたときの励起光パワーに対するアンプゲインの特性を示す。

Fig. 3 では入力光パワーに対しては飽和気味に見えるが、Fig.4 から、励起光を更に上げることで高出力が期待出来ることがわかる。

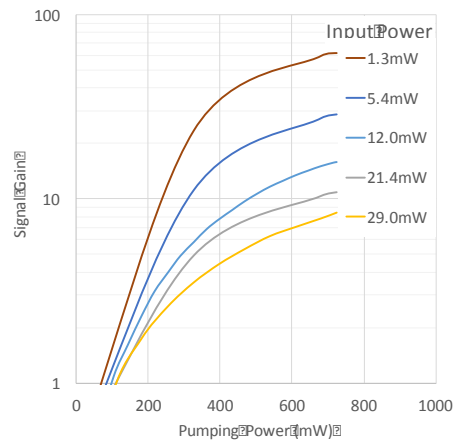


Fig.4 Gain characteristics of the YDFA for different input power.

4. まとめ

次世代分散型ネットワークライダーは、ライダーの将来展開のためには、期待される有力な技術の一つであるが、基本となる送信レーザの開発が遅れている。本研究では、ネットワークライダーの光源として、シードされたファイバアンプレーザに着目し、その稼動実験を行った。ファイバアンプ方式はコンパクトで面倒な調整が不要なシステムとなり得るので、コストを下げる事が出来れば、多数のライダーをネットワーク状に配置することにより、さらに広い大気空間の3次元構造を捉えることが可能となる。

謝 辞

本研究は科研費 (17K18956) の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) レーザレーダ研究会・調査委員会 (第一次報告書) (2016).
- 2) 長澤親生他: 第 35 回レーザセンシング シンポジウム, P-A3 (2017)
- 3) 住村和彦他: 解説ファイバレーザ-基礎編- (オプトロニクス, 2011)