

B3

Er:Glassレーザを用いたコヒーレントライダ

Coherent Lidar Using Er:Glass Laser

浅香 公雄、平野 嘉仁、森本 幸博、笠原 久美雄

Kimio Asaka, Yoshihito Hirano, Yukihiro Morimoto, Kumio Kasahara

三菱電機（株）情報技術総合研究所

Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

Abstract : Coherent lidar is an attractive sensor for the atmosphere observation or airport control because it can measure the wind velocity even in fine weather. We produced a coherent lidar using injection-seeding diode-pumped Er,Yb:Glass laser. Er,Yb:Glass laser is oscillated at $1.53 \mu\text{m}$ that is eye safe wavelength and side-pumped by two 5-stacked LD arrays. Laser medium size is $1.2 \times 1.2 \times 10\text{mm}$. We used the microchip laser for seed source that was made of Er,Yb:Glass. The injection-seeding pulse output of $2.5\text{mJ}, 20\text{Hz}$ is obtained with pumping power 240mJ .

1. はじめに

近年、半導体レーザ（LD）励起固体レーザの発展により、任意の波長で高スペクトル純度、長寿命、高信頼性の光源が得られるようになった。これにより、多様な種類のライダの開発が活発に行われている。なかでも単一周波数のレーザ光を用いたコヒーレントライダは大気のエコーから風速測定が可能であり、フィールドユースの有効なセンサーとして注目されている。¹⁾²⁾ このようなフィールドで用いるレーザ機器には目に対する安全性が要求される。そのため、アイセーフ波長（ $>1.4 \mu\text{m}$ ）で発振するレーザを用いたアイセーフコヒーレントライダの開発が $2 \mu\text{m}$ 帯を中心に行われてきている。しかし、アイセーフの観点からは目に対する最大許容露光量が最も大きい $1.5 \mu\text{m}$ 帯レーザを用いたアイセーフコヒーレントライダが望まれる。

現在、我々は単一波長でパルス発振する $1.5 \mu\text{m}$ 帯Er:Glassレーザ³⁾を光源とするアイセーフコヒーレントライダの開発を行っている。

2. 試作したコヒーレントライダの仕様及び特徴

Fig.1に今回試作したアイセーフコヒーレントライダの構成図を、Fig.2に外観写真を、Table.1に仕様を示す。

試作したコヒーレントライダの特徴は、以下の4点である。

(1) アイセーフティ

レーザ媒質にアイセーフ波長で発振するEr,Yb:Glass（波長 $1.53 \mu\text{m}$ ）を採用

(2) 単一波長発振

インジェクションシーディング方式による単一縦モード化を実現

(3) シード、ローカル光源

パルスレーザと同じレーザ媒質（Er,Yb:Glass）を用いたCW動作のマイクロチップレーザを採用

(4) 励起方式

$1.2 \times 1.2 \times 10\text{mm}$ の小形直方体レーザ媒質及び台形プリズム導波の側面励起方式を採用

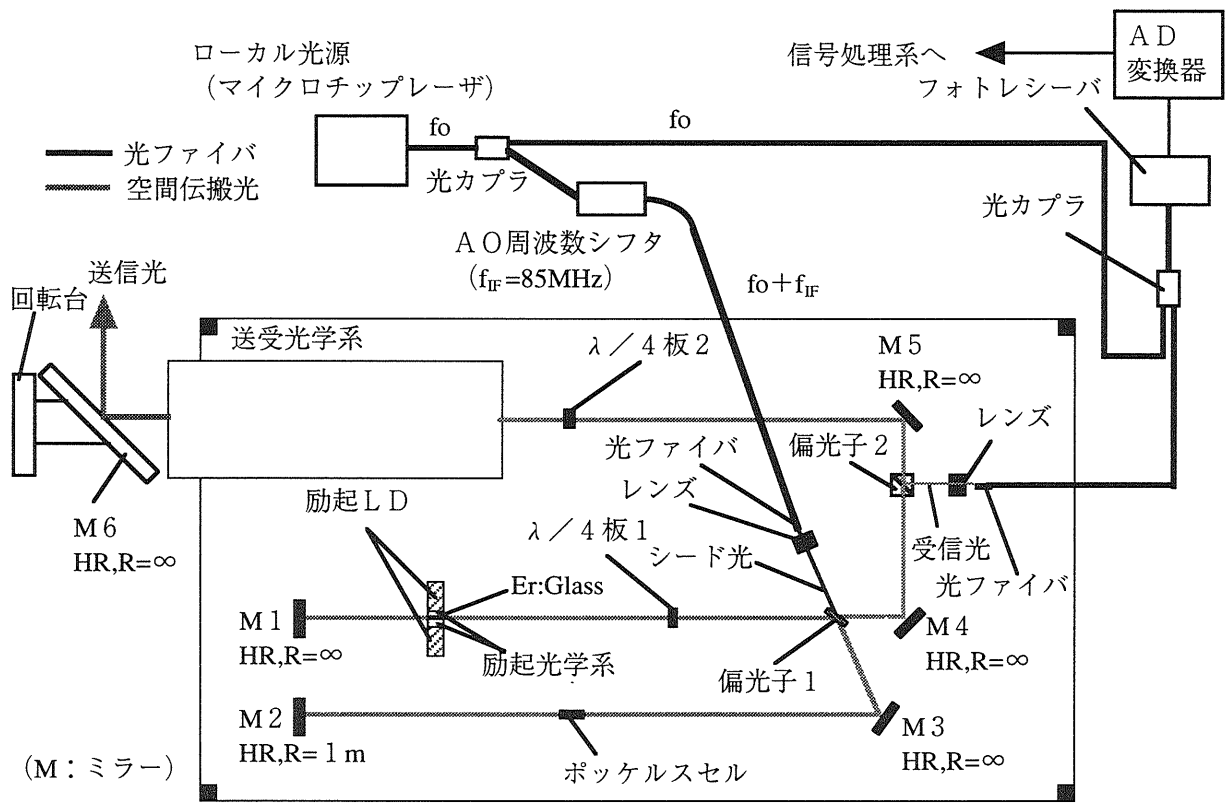


Fig.1 Block diagram of the coherent lidar.

Table.1 Specifications of the coherent lidar.

項目	仕様
光学系実効径	60mm
パルスエネルギー	2.5mJ
繰り返し	20Hz
発振波長	1.53 μ m
共振器長 (光路長)	105cm
Er:Glassサイズ	1.2*1.2*10mm

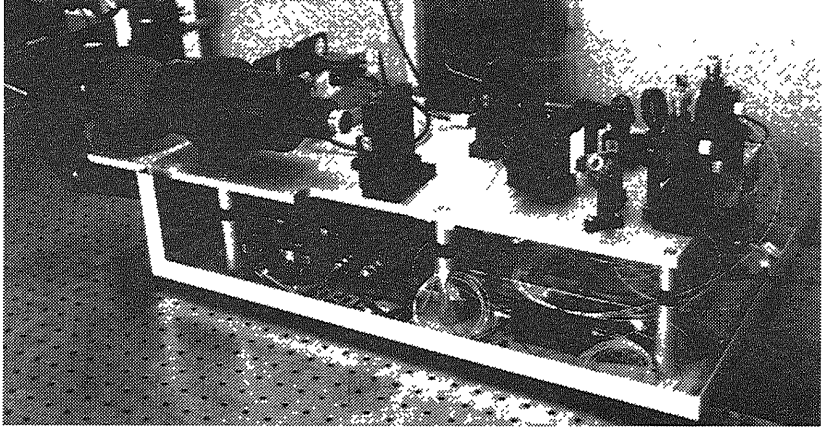


Fig.2 Photograph of the coherent lidar.

3枚のミラーM1、M2、M3及び偏光子を用いて折り返し型の共振器を構成している。共振器内にはレーザ媒質であるEr,Yb:Glass、1/4波長板1、偏光子1、ポッケルスセルを配置している。偏光子1とポッケルスセルによりQスイッチを構成する。出力結合方式は偏光子結合方式であり、出力パルス光は偏光子1より出力される。出力結合量は1/4波長板1により調整される。光カプラにより2分されたマイクロチップレーザから出射されるレーザ出力光の一方をAO周波数シフタにより中間周波数 ($f_{IF}=85\text{MHz}$) 分だけ周波数をシフトさせ、それをインジェクションシーディングに用いるシード光としている。他方のマイクロチップレーザから出射されるレーザ出力光を光ヘテロダイン検波時のローカル光として用いている。なお、シード光は偏光子1から共振器内に入力される。

Er,Yb:Glassの励起には2台の5層スタックLDアレイ (SDL-6231-A5、60W×5) を対向配置にした対向側面励起方式を用いている。励起波長は980nmである。Er,Yb:Glassは3準位レーザーであるので、Er,Yb:Glassの体積を小さく (1.2×1.2×10mm) し、高密度励起を行うようにしている。通常用いられる円柱形状ではなく角柱形状としたのは、放熱面と励起光の入射面を大きく取るためである。励起光学系には上底1mm、下底2mmである高さ3.5mm、長さ10mmの台形プリズムを用いた。LDアレイからの励起光は台形プリズムを導波してレーザー媒質の入射面に伝搬する。この台形プリズムの伝搬効率0.8以上が得られている。

これらの構成により、パルスエネルギー2.5mJ、パルス幅200ns、繰返し20Hzの単一周波数発振のレーザーパルス光を得ている。レーザーパルス光は1/4波長板2により円偏光にされ、送受光学系を経てミラーM6により任意の目標に照射される。目標からの散乱光は偏光子2により分離され、光ファイバに結合される。さらに、光カップラでローカル光と合波され、フォトレシーバにおいて光ヘテロダイン検波される。送受光学系の実効径は60mmである。装置は他に、AD変換器、信号処理及び制御を行うPC、電源よりなる。

3. シード及びローカル光源

Fig.4にコヒーレントライダのシード光及びローカル光の光源として試作したマイクロチップレーザーの構成図と、Fig.5にモジュール化したマイクロチップレーザーの外観を示す。

マイクロチップレーザーに用いたEr,Yb:Glassは5×5×0.3mmの平行平板である。共振器を構成するため誘電体多層膜を蒸着している。Er,Yb:Glassの薄板をサファイアの基板 (厚さ1mm) に接着している。このサファイア基板をペルチエ素子の上に置き、温度制御を行う。マイクロチップレーザーは局所的に励起を行うため、局所的に発生する熱の放熱が一つの課題であり、励起光、レーザー光に対して透明であるサファイア基板に接着することにより、Er,Yb:Glassからサファイア基板へ効率的に放熱が行われるようにしている。

励起にはマルチモードファイバに結合されたCW出力1WのLDモジュール (OPTO POWER CORPORATION社製、OPC-A100-980-FC/100) を用いている。励起光の波長は980nmである。マルチモードファイバからの励起光は光学系により、サファイア基板側からEr,Yb:Glassに集光される。Er,Yb:Glass上での励起光のスポットサイズは約200 μ mである。Er,Yb:Glassの端面に形成された誘電体多層膜はレーザー光に対してサファイア基板側が99.8%、基板の反対側が99%の反射率を持つ。Er,Yb:Glassから出射されるレーザー光は光学系によりシングルモードファイバに結合される。

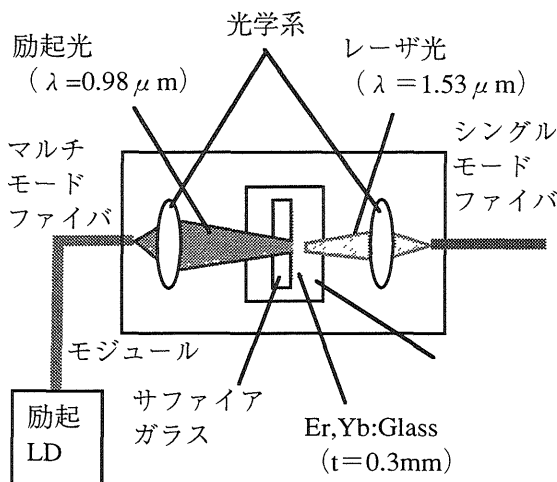


Fig.4 Block diagram of the microchip laser.

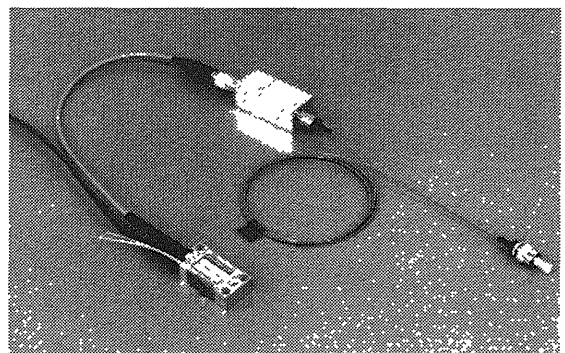


Fig.5 Photograph of the microchip laser.

今回試作したマイクロチップレーザにより、単一縦モード出力として約16.4mWが得られた。それ以上の出力では2モード発振となった。その他のマイクロチップレーザの特性を以下に示す。

- (1) スロープ効率：8.9%
- (2) 発振波長の温度シフト：0.012nm/°C
- (3) 単一縦モード最大出力：約16.4mW (励起光入力240mW、温度20°C)
- (4) 線幅：約60kHz
- (5) 縦モード間隔2.32nm

4. まとめ

インジェクションシーディングLD励起Er,Yb:Glassレーザを光源に用いた1.5 μ m帯のアイセーフコヒーレントライダを試作をした。単一周波数発振の送信レーザパルス光として、パルスエネルギー2.5mJ、パルス幅200ns、繰返し20Hzを得ている。

参考文献

- 1) R. Targ et.al., Appl. Opt., vol.35, no.36, pp.7117-7127, 1996.
- 2) S. Hannon and J. Thomson, J. Mod. Opt., vol.41, no.11, pp. 2175-2196, 1994.
- 3) 浅香, 平野, 森本, 笠原, 第45回応用物理学関係連合講演会予稿, 1998.