

## コヒーレントライダ用の高ピークパワー光導波路型増幅器

### High peak power optical waveguide amplifier for coherent Doppler LIDAR

崎村武司<sup>1</sup>、山本修平<sup>1</sup>、安藤俊行<sup>1</sup>、亀山俊平<sup>1</sup>、浅香公雄<sup>1</sup>、田中久理<sup>1</sup>、平野嘉仁<sup>1</sup>、井之口浜木<sup>2</sup>

<sup>1</sup>三菱電機株式会社、<sup>2</sup>宇宙航空研究開発機構

Takeshi SAKIMURA<sup>1</sup>, Shuhei YAMAMOTO<sup>1</sup>, Toshiyuki ANDO<sup>1</sup>, Shumpei KAMEYAMA<sup>1</sup>, Kimio ASAKA<sup>1</sup>,  
Hisamichi TANAKA<sup>1</sup>, Yoshihito HIRANO<sup>1</sup>, Hamaki INOKUCHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mitsubishi Electric Corporation, <sup>2</sup>Japan Aerospace Exploration Agency(JAXA),

e-mail: Sakimura.Takeshi@ct.MitsubishiElectric.co.jp

**Abstract:** A new optical Wave Guide Amplifier (WGA) design based on internal multi-bounce within an Er<sup>3+</sup>/Yb<sup>3+</sup> co-doped planar wave guide has been demonstrated that is capable of generating its peak power of 2.3kW at pulse repetition rate of 8 kHz without any onset of non-linear optical effects. This WGA will give significant improvements in its high peak pulse operation and compactness of a laser transmitter of Coherent Doppler LIDAR.

#### 1. はじめに

コヒーレントドップラライダ(CDL)は遠隔の風速場を計測できる測器として、気象学研究、航空機が誘発する後方乱気流の検出、さらに航空機前方の晴天乱気流(CAT)検出など多方面から期待されている。我々はアイセーフ波長 1.5  $\mu$ m を測定光に用いた CDL を世界に先駆けて開発し[1]、また光ファイバ部品により光回路を構成した全光ファイバ型 CDL を製品化している[2]。全光ファイバ型 CDL は小型で高信頼の光送受信機を安価に構成できるメリットがあるが、送信用光ファイバ内で発生する誘導 Brillouin 散乱(SBS)により送信パルス光のピークパワーが制限され、計測距離が近距離に留まっていた。

これまでに、光ファイバ増幅器のコアを大口径化することによって SBS の発生しきい値を引き上げる方針で、段階的に送信パルス光の高ピークパワー化を行い、2006 年度には地上 8km[3]、2007 年度には地上 11km[4]までの計測距離を実現するライダ装置を実証した。

一方、光ファイバ増幅器では、コア径の拡大に伴い送信光の空間伝搬モードがマルチモード化する問題が生じる。また、十分な利得を得るために一定長以上のファイバ長が必要となるため、SBS しきい値が数百 W 程度に制限される。これらの問題により、光ファイバ増幅器では出力可能なピークパワーに限界がある。

この限界を打破するため、非線形光学効果の影響が小さく、より大きなエネルギーを蓄積可能な光導波路を利得媒質とした増幅器(Optical Waveguide Amplifier : WGA)の開発を並行して進めてきた[5]。

ここでは、試作した WGA の特性評価結果について報告する。

#### 2. 光導波路増幅器の構成

Fig.1(a)に WGA の導波路層構造の模式図を示す。また、Fig.1(b)に信号光の入出力系を含めた WGA の構成図を示す。

Er、Yb イオンを添加したリン酸ガラスをコアとし、上部に無添加リン酸ガラス(上部第 1 クラッド)、下部に光学ガラス(下部クラッド)をそれぞれ接合することにより、導波路を形成した。無添加リン酸ガラスの上部にはさらに光学ガラス(上部第 2 クラッド)を接合しており、信号光はコア内を伝搬させ、励起光はコアおよび上部第 1 クラッド内を伝搬させてコア内で吸収させるダブルクラッド構造とした。

WGA 側面に AR(Anti Reflection)コーティングを施し、アレイ状に配置した波長 940nm 帯 LD(Laser Diode)の出力ファイバ端面を WGA に近接配置することにより、励起光を導入した。導波路内部での寄生増幅の周回パスを抑圧するため、WGA の励起光入射面には 15 度の傾斜を付けた。

また信号光の HR(High Reflection)面の平行度も微小角だけずらしており、信号光 HR 面側の一部に設けた AR 面から入力した信号光を、WGA 内部で複数回反射させ、折り返し反射により同一光路で往復させて出力させる構成とした。この構成の利点として信号光の WGA に対する入射角度を、導波路内部での支配的な寄生増幅パスと信号光路とが一致するように設定することで寄生増幅を効果的に抑圧できることがあげられる。一方、入力信号光と出力増幅光とは同軸となるため、偏光ビームスプリッタ(PBS)およびファラデーローテータ(FR)を用いた偏光分離系により入出力光路を切り分けた。さらに、半波長板(HWP)を用いて WGA に入射する信号光の偏光方向を導波路面に対して垂直に設定し、出力パワーが最大となるようにした。

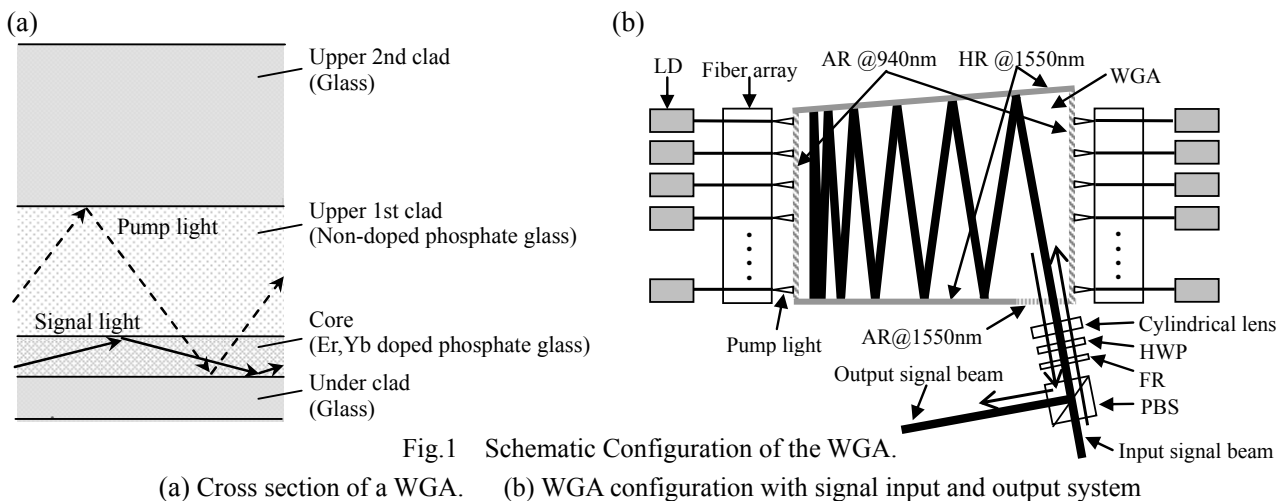


Fig.1 Schematic Configuration of the WGA.

(a) Cross section of a WGA. (b) WGA configuration with signal input and output system

### 3. 増幅特性の評価結果

Fig.2 に波長 1550nm、繰り返し周波数 8kHz のパルス信号光を入力した場合の、励起パワーに対する出力平均パワーおよび出力パルス波形の測定結果を示す。

励起パワーを増加させていくと、波長 1535nm 帯の寄生増幅光パワーの割合が増加し、信号光の出力パワーが飽和した。約 170W の励起パワー投入時において、平均出力パワー約 10W の信号光出力が得られた。1 パルス当たりのエネルギーは 1.25mJ となる。また、パルス幅が約 550ns であり、出力パルス光のピークパワーは約 2.3kW であると見積もられる。

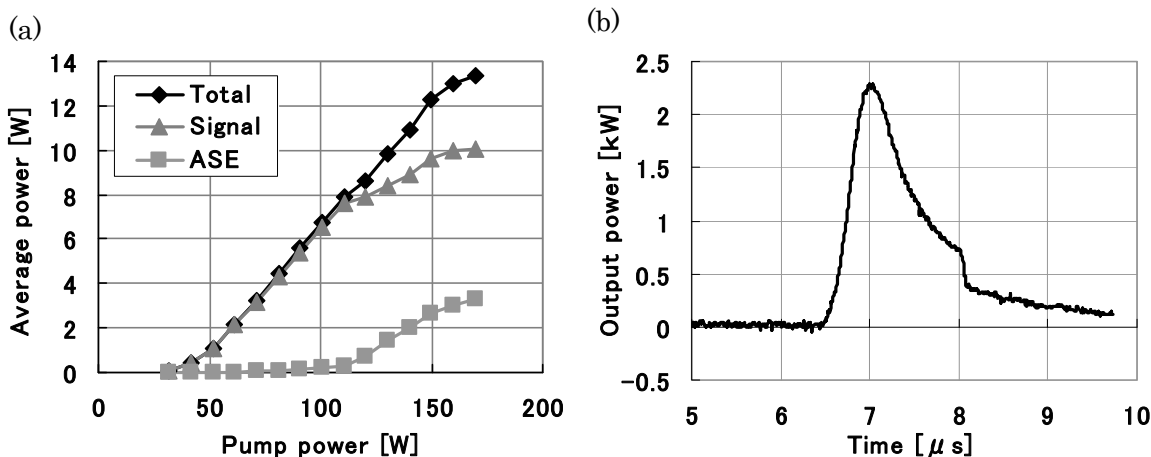


Fig.2 WGA output power under pulse operation at PRF of 8kHz.

(a) Output average power. (b) Temporal pulse shapes of output beam of WGA.

### 4. まとめ

コヒーレントドップラライダ用の波長 1.55 μm 帯の光導波路型増幅器を設計・試作し、増幅特性の評価を行った。繰り返し周波数 8kHz のパルス信号入力光を励起パワー約 170W で増幅して、平均出力パワー約 10W (パルスエネルギー 1.25mJ) の信号光出力が得られた。パルス幅 550ns から換算される出力ピークパワーは 2.3kW であり、従来の大口径光ファイバ増幅器の出力上限である SBS リミット (約 300W) を大きく凌駕するパルス出力が SBS フリーで得られることが分かった。

### 参考文献

[1] K. Asaka et al.: "1.5-um Coherent Lidar Using Injection-seeded, LD pumped Er, Yb:Glass Laser", Proc. of 10th CLRC (1999)  
 [2] S. Kameyama et al.: "Compact all-fiber pulsed coherent Doppler lidar system for wind sensing", Appl. Opt. 46(2007)  
 [3] 安藤他: 「中距離版・全光ファイバ型風計測ドップラライダの開発」、LSS25 (2007)、p28-31  
 [4] 崎村他: 「航空機搭載風計測ライダの地上実証システムの開発」、本研究会予稿集  
 [5] 関他: 「コヒーレントドップラライダ用の光導波路型増幅器の設計」、LSS25 (2007)、p153-154