

改良型ファイバー結合器を用いた 33W 中赤外 Er:ZBLAN ファイバー MOPA システム

Highly-Stable Mid-Infrared Er:ZBLAN Fiber MOPA System

Using Improved Side Pump Combiners

三星ダイヤモンド工業(株)¹, 阪大レーザー研²○小西 大介¹, 上原 日和², 合谷 賢治², 佐原 諒¹, 小田 晃一¹, 時田 茂樹², 村上 政直¹Mitsuboshi Diamond Industrial Co., Ltd.¹, Osaka Univ.², ○Daisuke Konishi¹, Hiyori Uehara², Kenji Goya²,Ryo Sahara¹, Koichi Oda¹, Shigeki Tokita², Masanao Murakami¹

E-mail: daisuke_konishi@mitsuboshi-dia.co.jp

中赤外コヒーレント光に対する要求は医療・産業の分野で大きく、その高い有用性が広く認識されている。特に波長 $3\ \mu\text{m}$ 帯は-OH 結合基への高い吸収性を利用した潜在的応用が多数存在し、ガラスや樹脂材料に対しては適度の内部浸透性を有することから、熔融・融着など加工用途への応用が期待される。著者らは、ガラス端面熔融加工の高速化を可能とする新規レーザー加工光源として、波長 $2.8\ \mu\text{m}$ で発振する Er 添加フッ化物ガラスファイバーに着目し、長期安定性を確保しつつ出力を向上させることにより実用化を目指している。Er:ZBLAN ファイバーレーザーは $1\ \mu\text{m}$ 帯の Yb:silica ファイバーレーザーなどと異なり、耐熱温度が低く、単位長さ当たりの励起パワーが制限されるため、高出力化が困難であった。著者らのグループでは、世界発の ZBLAN ファイバー励起光結合器を利用して、これまでに $24\ \text{W}$ の CW 増幅出力を得ることに成功した[1]。既往のシステムでは、利得ファイバーである Er:ZBLAN ファイバーの第一クラッドに励起光を直接導入する結合器を用いており、約 $70\ \text{W}$ の励起パワーの投入で発熱によって結合部分が損傷する問題が生じていた。そこで本研究では、図 1 に示すように、非添加 ZBLAN ファイバーに励起光を結合し、Er:ZBLAN ファイバーを融着接続した MOPA 構造で高出力・高安定化を試みた。波長 $976\ \text{nm}$ LD 励起 Er:ZBLAN ファイバー発振器は、波長可変であり、発振波長を $2800\ \text{nm}$ に調整した。このレーザー光を自由空間を経て非添加 ZBLAN ファイバー増幅器のコアに結合した。入力信号パワーは $2.6\ \text{W}$ である。増幅器は $6\ \text{mol}\%$ Er:ZBLAN ダブルクラッドファイバーを利得媒質としており、これに非添加 ZBLAN ファイバー製結合器とコア同士とを融着接続することで増幅器を作製した。フッ化物ガラスを用いた、このような構造の増幅器の作製は本研究が初である。励起光導入ファイバーから結合部を介して、Er:ZBLAN ファイバーとの融着部までの励起光結合損失として $1\ \text{dB}$ 以下を達成している。この結合器を Er:ZBLAN ファイバー両端に融着接続し、励起光を結合器に導入することで双方向励起した。

図2(a)に入出力特性、(b)にレーザー出力のスペクトルを示す。入力 $2.6\ \text{W}$ 、励起 $190\ \text{W}$ のとき、最大出力 $33\ \text{W}$ を達成した。これは MOPA 構造を有する中赤外 Er:ZBLAN ファイバーレーザーで報告されている最高出力である。図2(b)のスペクトルから、出力波長が信号波長と同じ $2800\ \text{nm}$ であることを確認し、非添加 ZBLAN ファイバー用いた励起光結合器を採用することで、結合器あたり約 $100\ \text{W}$ の励起が可能となり、既往のシステムと比較して約 $40\ \%$ の出力向上に成功した。

謝辞

本研究は、「研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)ステージⅢ NexTEP-Bタイプ」中赤外波長 Er ファイバーレーザーの研究助成を受けて実施された。

Reference

[1] H. Uehara, D. Konishi, C. A. Schäfer, K. Goya, M. Murakami, and S. Tokita, *Advanced Solid State Lasers, paper, AW4A.1* (2018).

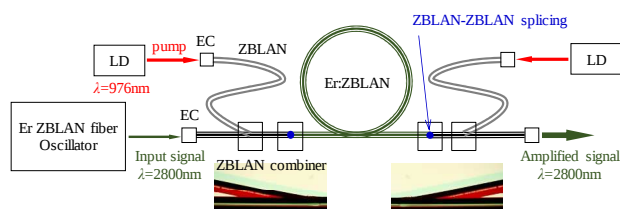


Fig. 1. Schematic diagram of the setup for an Er:ZBLAN fiber MOPA.

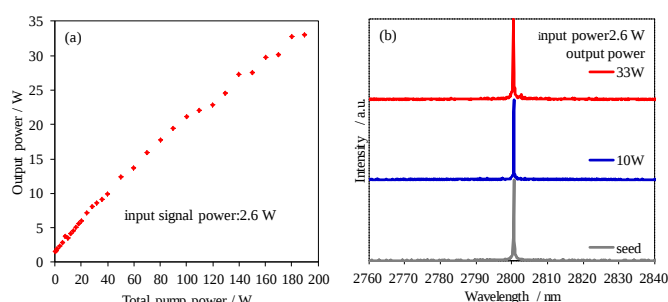


Fig. 2. (a) Amplified output power as a function of the total power of bidirectional pumping under $2.6\ \text{W}$ input signal power. (b) Normalized amplified output spectra at various pump power.