

## LD 励起中赤外ファイバーレーザー開発のための Dy/Er 共添加フッ化物ガラスの発光特性評価

### Observation of Energy transfer in Er/Dy co-doped fluoride glass for high-power LD-pumped mid-infrared fiber lasers

核融合研<sup>1</sup>, 阪大レーザー研<sup>2</sup> °上原 日和<sup>1</sup>, 時田 茂樹<sup>2</sup>, 安原 亮<sup>1</sup>

National Institute for Fusion Science<sup>1</sup>, Osaka University<sup>2</sup>,

°Hiyori Uehara<sup>1</sup>, Shigeki Tokita<sup>2</sup>, Ryo Yasuhara<sup>1</sup>

E-mail: uehara.hiyori@nifs.ac.jp

Dy<sup>3+</sup>系レーザーは、希土類金属イオンを発光中心とした固体レーザーの中でも、とりわけ長い波長で発振することが知られている。低いフォノンエネルギーを有するフッ化物ガラスやフッ化物結晶、カルコゲン化結晶等を宿主材料に用いることで、これまでに波長 3.0~3.3 μm、もしくは 4.3 μm での直接発振が報告されている。2019 年には、Dy 添加 ZrF<sub>4</sub> 系フッ化物 (ZBLAN) ガラスを用いたファイバーレーザーで、波長 3.24 μm、出力 10 W の連続波動作が達成されており、Dy 系ファイバーレーザーは次世代の高出力中赤外レーザー光源として更なる高性能化が望まれる。これまでに報告されている Dy:ZBLAN ファイバーレーザーは、いずれも 2.8 μm Er:ZBLAN ファイバーレーザーを励起光源としており、これの出力限界によってレーザー出力が制限されている。さらに、波長 2.8 μm の励起光は樹脂クラッド (ダブルクラッドファイバーの第二クラッドに用いられる) での吸収が大きいため、Dy 利得ファイバーコアとの高精度な励起光結合が求められる。

より高出力かつ実用性の高い Dy 系ファイバーレーザーの開発には、高出力な半導体レーザー (LD) による励起が必須である。また、近赤外波長の LD を励起光源とすることで、従来困難であったダブルクラッド型ファイバーを使用した第一クラッド励起が可能になる。本研究では、波長 970 nm LD 励起 Dy 系ファイバーレーザーを実現すべく、Dy<sup>3+</sup>に加えて、970 nm で吸収の大きい Er<sup>3+</sup>を共添加した ZBLAN ガラス媒質を新たに開発し、中赤外発光特性を評価した。Dy/Er 共添加ガラスに波長 970 nm の LD を照射することで、励起状態にある Er<sup>3+</sup>イオンから Dy<sup>3+</sup>へのエネルギー移動が生じ、波長>3 μm 及び>4 μm の Dy<sup>3+</sup>を起源とする発光が期待される。

右図に、970 nm 励起時の 3 μm 帯の蛍光スペクトルを示す。Dy のみ添加した ZBLAN ガラス (黒線) は、波長 970 nm に吸収を持たないため、発光しない。一方、Er を共添加した試料では、波長 2.6~3.4 μm に及ぶ広帯域な発光を示した。Er<sup>3+</sup>及び Dy<sup>3+</sup>を起源とする発光スペクトル (図の下段) から考慮すると、2.9 μm よりも長波長側は、Dy<sup>3+</sup>の蛍光と帰属される。このことから、970 nm 励起によって Er→Dy エネルギー移動が効率よく生じていることが実証された。講演では、蛍光寿命測定によるエネルギー移動効率の評価、並びにファイバー化への展望についても議論する。

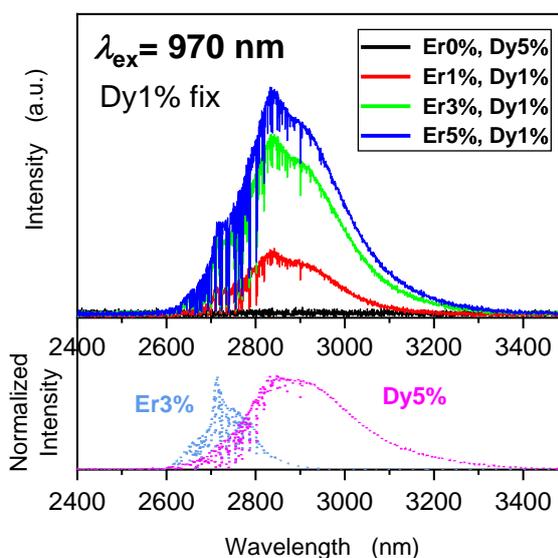


図 Dy/Er 共添加 ZBLAN ガラスの中赤外発光スペクトル (励起波長 970 nm)