3 μm 帯レーザー媒質利用のための Dy:Y_2O_3 セラミクスの光学特性評価

Mid-IR Laser-related Spectroscopy of Dy-doped Y_2O_3 Transparent Ceramics

北見工大 [1]，阪大レーザー研 [2]，核融合研 [3]

°上原 日和 [3]，時田 茂樹 [2]，安原 亮 [3]，古瀬 裕章 [1]

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

近年、中赤外波長コヒーレント光源に対する需要が学術・医療・産業分野において爆発的に高まっており、既存光源の希少な新波長帯レーザーの開発やその小型化・高効率化は重要な課題である。希土類金属イオンの直接発振を利用した中赤外レーザーは、波長変換レーザーと比較して安定性が高く、高効率・高平均出力化が可能である。その中でも、2 μm 帯の Tm^{3+}・Ho^{3+}系、波長 2.7～2.9 μm 並びに 3.5 μm で発振する Er^{3+}系レーザーは研究が盛んに行われている。一方で、空白となっている波長 3~3.5 μm 及び 4 μm 帯については、それぞれ波長 2.8 μm と 1.7 μm で励起した Dy^{3+}からこの波長域の発光が得られることが知られている。特に 3~5 μm 帯は大気吸収が比較的小さく、CO 基や CH 基の吸収線が存在するため、この波長のレーザーは、高分子材料の加工や微量ガスのセンシングなど多様な応用が期待できる。しかし、中赤外域特有の技術的難度や、高出力な 2.8 μm 励起光源の希少性等が障壁となり、Dy^{3+}系中赤外レーザーにおいて未だ高出力な発振は実証されていない。著者らのグループは、これまでに、2.8 μm 帯 Er:ZBLAN ファイバーレーザー研究において世界に先駆けた多くの実績を有している。このレーザーは、Dy^{3+}系レーザーの励起光源として適しており、本課題への着手に至った。

本研究では、パルス通電加圧焼結法を用いて作製した Dy^{3+}添加 Y_2O_3 透明セラミックス（添加濃度 1, 3, 5 at.%）の各種光学特性を評価し、中赤外レーザー媒質としての応用可能性や今後の展望について考察を行った。図 1 に厚さ 1 mm の Dy:Y_2O_3 セラミックスの可視～中赤外波長域における透過スペクトルを示す。Dy^{3+}に起因する複数の吸収ピークが観測され、その吸収係数は添加濃度にほぼ比例して増加することを確認した。2.8μm 帯では、波長 2716, 2779, 2833 nm に強い吸収を呈し、Er:ZBLAN ファイバーレーザーの発振波長と良い一致を示した。濃度 5 at.%試料の波長 2720 nm での吸収係数は 9.9 cm^{-1} であり、厚さ 1 mm で 60%以上の励起光吸収率を確保できることが示唆された。また、波長 2.2 μm 以上の中赤外域における散乱損失は 1~5%と低く、中赤外レーザー媒質として有望である。続いて、3 μm 波長帯の発光スペクトルを測定した。図 2 上段は波長 450 nm の半導体レーザー、下段は 2800 nm の Er:ZBLAN ファイバーレーザーでの励起によって得られた発光スペクトルである。450 nm 励起によって 2700~3200 nm の波長範囲にわたって蛍光が観測された。主なピーク波長は 2716, 2779, 2833, 3000 nm であり、図 1 の吸収ピーク波長と一致した。2900 nm よりも短波長側には大気吸収による無数の吸収線が観測された。図 2 下段の Er:ZBLAN ファイバーレーザー励起においても、同様の蛍光スペクトルが観測され（3100 nm よりも短波長側はフィルターでカットしている）、2.8 μm 励起 3 μm 帯レーザーとしての応用可能性が示唆された。Dy^{3+}系の中赤外発振は、これまでに ZBLAN ガラス、YLF、$PbGa_2S_4$ 等のホスト材料で実証されているが、Dy:Y_2O_3 セラミックスの中赤外域の発光特性に関する報告は本研究が初である。この Dy:Y_2O_3 セラミックスは、著者らが並行して研究を行っている Dy:CaF_2 と比較して狭帯域な発光スペクトルを示しており、比較的大きな誘導放出断面積を有することが予想される。本発表では、波長 1.7 μm での励起による 4 μm 帯発光特性についても報告する。

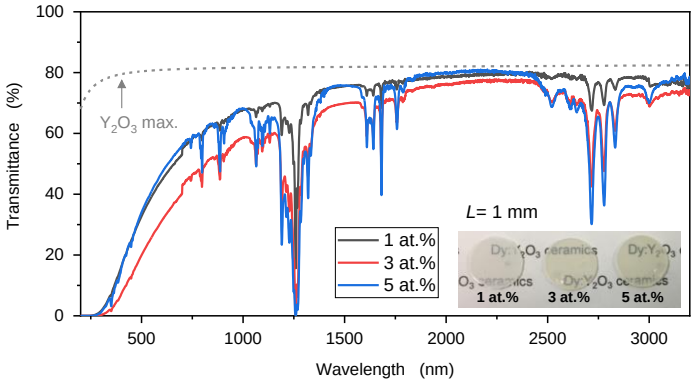

Fig. 1 Transmission spectra of 1, 3, and 5 at.% Dy-doped Y_2O_3 ceramics with thickness of 1 mm.

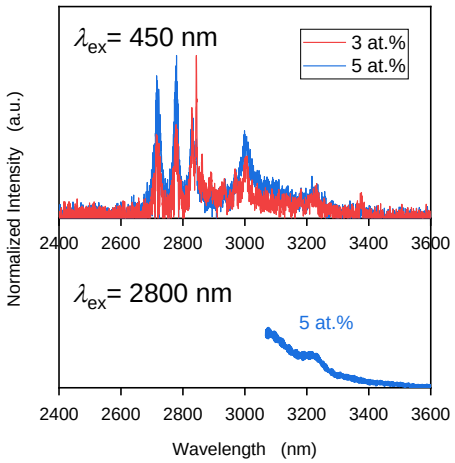

Fig. 2 Emission spectra of the Dy-doped Y_2O_3 ceramics under excitation with (upper) 450 nm laser diode, and (bottom) 2800 nm Er:ZBLAN fiber laser.

© 2019年 応用物理学会