太陽光励起によるエルビウム添加光ファイバーの蛍光特性 II

Fluorescence Characteristics of Erbium-Doped Fiber by Solar Light excitation II

北見工大 [1], 茨城大工 [2], ○ 小田 真暉 [1], 古瀬 裕章 [1], 中村 真毅 [2], 曽根 宏靖 [1]
Kitami Inst. Tech.[1], Fac. Eng. Ibaraki Univ.[2],
○M. Oda[1], H. Furuse[1], S. Nakamura[2], H. Sone[1]

1 研究背景

近年、再生可能エネルギーである太陽光を励起光源とした太陽光励起固体レーザーが注目を浴びている。一方、光通信用の 1.5 μm 帯のレーザー光を効率良く増幅できる装置として、エルビウム添加光ファイバー（EDF）増幅器（EDFA）が広く用いられている。EDF の吸収波長としては、主に半導体レーザー (LD) 光からの 0.98 μm や 1.48 μm の波長が用いられているが、太陽光からの可視波長域（487 nm, 521 nm, 653 nm 等）でも吸収は可能である [1]。

我々は、太陽光励起ファイバー増幅器構築のための基礎データ収集のため、EDF の励起光として太陽光を用いた場合の諸特性について調査している [2]。今回これらの最新の結果について報告する。

2 太陽光励起特性測定

2.1 実験光学系

励起光は、ラフォーレエンジニアリング社製 追尾型太陽光採光システム「ひまわり」XD-50S/12AS[3] で集光され、10 m の 12 芯の石英ガイドファイバーで伝送された正午付近の太陽光を用いた。ガイドファイバーからの出射光パワーをサーマルセンサー型光パワーメーター（可視モード）で測定したところ、太陽光（12 芯合計）は 6 W であった。太陽光は、各芯の合波が困難であるため、あるいは熱損傷の影響も考慮し 12 芯の内の 1 芯のみを使用した。また、各光源には近赤外域も存在する。そのため、今回は EDF からの純粋な蛍光を観測するため、0.85 μm 以下のみを透過させるショートパスフィルター（ソーラボ社製 FESH850、透過帯域 0.49 μm ～ 0.85 μm, 透過率 90 % 以上、遮断帯域 0.85 μm ～ 1.6 μm OD 値 5 以上, 1.6 μm 付近以上は遮断域外）をガイドファイバー直後に使用した。

EDF には、コア径 70 μm の 0.98 μm において 1.85 dB/m の吸収特性を有する CorActive 社製 EDF（HPA-Er-70-01）(EDF 長特性、Er 濃度特性) と 0.98 μm において 0.6 dB/m の吸収特性を有する CorActive 社製 EDF（DCF-ER-70/250）(Er 濃度特性) を用いた。

EDF の Er 濃度による太陽光励起 1550 nm 帯放出光特性実験に使用したファイバは、CorActive 社製マルチモードでコア直径 70 μm、波長 980 nm で 1.85 dB/m の吸収を持つ EDF とその比較対象として、CorActive 社製マルチモードでコア直径 70 μm、波長 980 nm で 0.6 dB/m の吸収を持つ EDF を使用した。長さはどちらも 20.0 cm である。

また、ガイドファイバー端とショートパスフィルター、EDF 端への結合は、フレネル反射による損失や熱損傷を防ぐため屈折率マッチングオイルを塗布し直付けした。

2.2 EDF 長特性

太陽光を励起光として EDF へ入射した際の 1.5 μm 帯の蛍光スペクトル特性を示す。14.1 cm, 18.7 cm, 29.0 cm, 108.4 cm の長さの EDF の励起による 1.5 μm 帯の蛍光スペクトルの様子を Fig.1 に示す。この結果より、太陽光励起により、波長 1.55 μm 帯の大きな蛍光を確認できる。これは、EDF の長さは長くなるとファイバー内での光の損失が大きくなり、短すぎると EDF の励起効果が薄れたためであると考えられる。この実験環境において最適な EDF 長は 18.7 cm 付近であることがわかった。

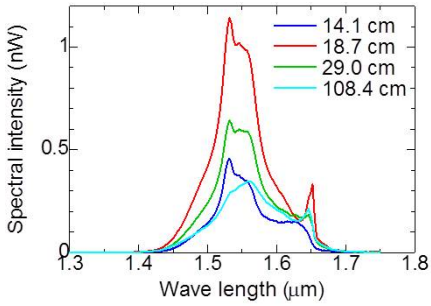

Fig. 1 各 EDF 長における 1.5 μm 帯の蛍光スペクトル [2]

2.3 EDF の Er の 濃度特性

次に EDF の Er 濃度による太陽光励起による 1.5 μm 帯の放出光特性について調査した。実験に使用した EDF の長さはどちらも 20.0 cm である。

その結果を Fig.2 に示す。赤線が波長 0.98 μm で 1.85 dB/m の吸収を持つ EDF、青線が波長 0.98 μm で 0.6 dB/m の吸収を持つ EDF のそれぞれの放出光スペクトルである。吸収率が高い EDF がより 1.5 μm 帯の放出光が大きいという結果になった。これは励起光を Er イオンが吸収すればするほどより誘導放出を引き起こし放出光が大きくなるためであると考えられる。

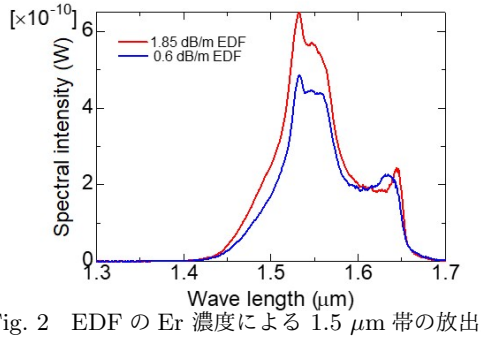

Fig. 2 EDF の Er 濃度による 1.5 μm 帯の放出光特性

参考文献

[1] L. Htein, W. Fan, P. R. Watekar, W. Han, Opt. Lett., vol. 37, pp. 4853-4855 (2012).
[2] 小田, 馬場, 古瀬, 中村, 曽根, 第 66 回 応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, p.03-446(2019).
[3] K. Mori, 14th National Congress of the Illumination Engineering Institute of Japan, Apr.3 (1981).

© 2019年 応用物理学会