Er イオンの $^4I_{13/2}$ 準位励起を用いた Er/Yb 添加ファイバ利得係数測定

Gain Coefficient Measurement of Er/Yb-Doped Fibre by using $^4I_{13/2}$ Level Pumping of Er ion

○ 小野 浩孝 [1], 山田 誠 [2], 市井 健太郎 [3], 松尾 昌一郎 [3]
[1] 日本電信電話 (株) NTT 先端集積デバイス研究所, [2] 大阪府立大学大学院工学研究科
[3](株) フジクラ 先端技術総合研究所
○Hirotaka Ono[1], Makoto Yamada[2], Kentaro Ichii[3], and Shoichiro Matsuo[3]
[1]NTT Device Technology Labs , NTT Corp., [2]Graduate School of Eng., Osaka Prefecture Univ.
[3]Advanced Technology Laboratory, Fujikura Ltd.
E-mail: ono.hirotaka@lab.ntt.co.jp

1 はじめに

Er 添加ファイバ (EDF) の利得係数スペクトル $g^*(\nu)$ を求める方法は種々あるが，次式で表される McCumber の関係式を用いる方法は，吸収係数スペクトル $\alpha(\nu)$ から利得係数を求めることができる有用な方法である [1].

$$g^*(\nu) = \alpha(\nu)\exp\left[(\epsilon - h\nu)/kT\right] \tag{1}$$

ここで，h, k, T はそれぞれプランク定数，ボルツマン定数，絶対温度である．利得係数スペクトルを求めるためには，パラメータ ϵ の推定が必要である．本稿では，利得-損失測定から ϵ を推定する方法 [2] において，Er イオンの $^4I_{13/2}$ 準位励起を用いることによって，従来の $^4I_{11/2}$ 準位励起による測定が困難な Er/Yb 添加ファイバ (EYDF) の利得係数スペクトルを測定した結果について示す.

2 $^4I_{13/2}$ 準位励起利得-損失測定によるパラメータ ϵ の推定

長さ L の短尺 EDF の周波数 ν_s の信号利得は，Er イオンの $^4I_{15/2}$, $^4I_{13/2}$ 準位の占有数をそれぞれ N_1, N_2 として次式で表される.

$$G(\nu_s) = \exp\left[(g^*(\nu_s)N_2 - \alpha(\nu_s)N_1)L\right] \tag{2}$$

ここで，利得係数と吸収係数の比 $\eta(\nu) = g^*(\nu)/\alpha(\nu)$ と，これを用いた

$$\xi_{p,s} = \frac{1-\eta(\nu_p)/\eta(\nu_s)}{1+\eta(\nu_p)} \tag{3}$$

を導入する (ν_p は励起光周波数)．また，EDF 利得と吸収がバランスする，すなわち EDF 利得が 0 dB となる励起光パワーを P_{th} とし，励起光パワー P と P_{th} の比 $R = P/P_{th}$ を用いると，dB 単位の信号利得は次式のようになる.

$$G_{\mathrm{dB}} = G_{\mathrm{dB}}^{\max}(\nu_s)\xi_{p,s}\frac{R-1}{R+\xi_{p,s}\eta(\nu_s)} \tag{4}$$

$$G_{\mathrm{dB}}^{\max}(\nu_s) = (10\log e)\,g^*(\nu_s)L \tag{5}$$

式 (4) および (5) を用いた $^4I_{13/2}$ 準位励起の利得-損失測定から $\eta(\nu_s)$ が求められ，$\epsilon = h\nu_s + kT\ln(\eta(\nu_s))$ から ϵ が推定できる.

3 Er/Yb 添加ファイバの利得係数測定

図 1 に 2 m 長 EYDF を用いた $^4I_{13/2}$ 励起による利得-損失測定により得た，利得および $G_{\mathrm{dB}}^{\max}$ の R 依存性を示す．この結果から，$G_{\mathrm{dB}}^{\max}$，$\eta(\nu_s)$，ϵ はそれぞれ 15.83 dB，1.30，1.292×10^{-19} J と求められた．推定した ϵ 値を用いて，短尺 EYDF で測定した吸収係数スペクトルと式 (1) から図 2 に示すように利得係数スペクトルが得られた.

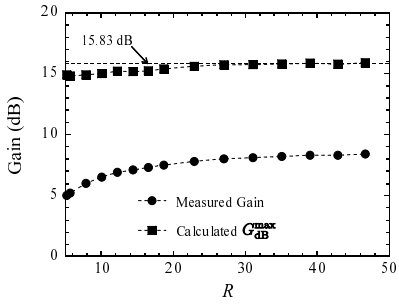

図 1 利得および $G_{\mathrm{dB}}^{\max}$ の R 依存性

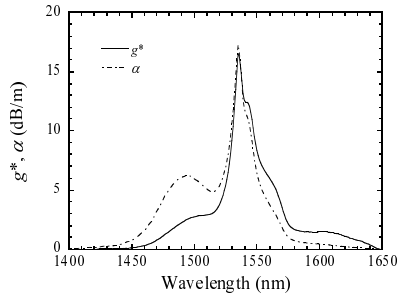

図 2 得られた EYDF の利得/吸収係数スペクトル

4 まとめ

Er イオンの $^4I_{13/2}$ 準位励起による利得-損失測定から McCumber の関係式のパラメータ ϵ を推定する方法を用いることにより，EYDF の利得係数スペクトルを測定した.

謝辞

本検討の一部は，独立行政法人情報通信研究機構の高度通信・放送研究開発委託研究／革新的光通信インフラの研究開発の一環としてなされたものである.

参考文献

[1] W. J. Miniscalco, *et al.*, *Opt. Lett.*, **18**, 258 (1991).
[2] W. L. Barnes, *et al.*, *IEEE J. Quantum Electron.*, **27**, 1004 (1991).

© 2015年 応用物理学会