

Tm,Yb 共添加 ZnO ナノワイヤにおけるエネルギー輸送プロセス評価 Optical characterization of energy transfer process in Tm,Yb-codoped ZnO nanowires

阪大院工 °井田 聖人, 館林 潤, 市川 修平, 多根 正和, 藤原 康文

Osaka Univ. °M. Ida, J. Tatebayashi, S. Ichikawa, M. Tane, and Y. Fujiwara

E-mail: masato.ida@mat.eng.osaka-u.ac.jp

[はじめに] 近年、Si 太陽電池のエネルギー変換効率向上のための方法として、希土類イオン間のダウンコンバージョン (Down Conversion: DC)による波長変換が注目されている[1]。DC とは、1つの高エネルギー光子を複数の低エネルギー光子へ分割する波長変換の一種である。実際に希土類イオン間の DC による 170%以上の内部量子効率が報告されている[2]が、希土類イオンの光吸収係数が低く、吸収できる波長帯も狭いために実用化には至っていない。我々のグループは、紫外領域において高い光吸収係数を示す半導体 ZnO を添加母体とした高効率な希土類イオンへのエネルギー輸送による DC を目指している。これまでに、Tm,Yb 共添加 ZnO(ZnO:Tm,Yb)を成膜する下地にナノワイヤ構造を導入し、DC に必要な Tm の $^1G_4 \rightarrow ^3H_6$ 遷移に起因する 490 nm 付近の発光の観測に成功した[3]。さらに、Yb の複数ある発光センターのうち Tm から Yb へのエネルギー輸送に寄与し得る発光センターの同定に成功した[4]。今回、希土類イオン間のエネルギー輸送機構を詳細に解明すべく、Yb から Tm へのエネルギー輸送過程の評価を行ったのでこれを報告する。

[実験・結果] サファイア基板に無添加 ZnO ナノワイヤ層を形成後、我々が独自開発したスパッタリング援用 MOCVD 法にて ZnO:Tm,Yb の結晶成長を行った。Tm,Yb の添加比率を変化させた試料に対し、He-Cd レーザ (波長 325 nm)を用いて ZnO 母体を励起した際、および半導体レーザ (波長 980 nm)を用いて Yb を励起した際の Tm 発光について低温フォトルミネッセンス (Photoluminescence: PL)測定を行った結果をそれぞれ Fig. 1(a)および(b)に示す。Tm を添加した試料を母体励起した場合、ZnO 母体からのエネルギー輸送により Tm の発光が 490 nm、800 nm 付近に観測されている。一方 Yb を励起した場合、Tm および Yb を単独添加した試料では Tm 発光が観測されなかったが、Tm,Yb を共添加した試料では Tm 発光が観測された。これらの結果は Fig. (c)に示すような Yb から Tm へのエネルギー輸送過程、つまりアップコンバージョンが生じていることを示しており、MOCVD 法で形成した ZnO:Tm,Yb においては世界で初めての立証となる。

[謝辞] 本研究は科研費「基盤(B) (No.24K00925)」「特別推進 (No.18H05212)」、「基盤(A) (No.23H00185)」、「基盤(S) (No.23H05449)」、キャンノン財団の支援を受けた。

[参考文献] [1] T. Trupke *et al.*, J. Appl. Phys. **92**, 1168 (2002). [2] J. Li, J. Zhang *et al.*, J. Alloy. Compd. **99**, 583 (2014).

[3] J. Tatebayashi *et al.*, J. Crys. Growth **503**, 13 (2018). [4] J. Tatebayashi *et al.*, J. Soc. Mater. Sci. **71**, 811 (2022).

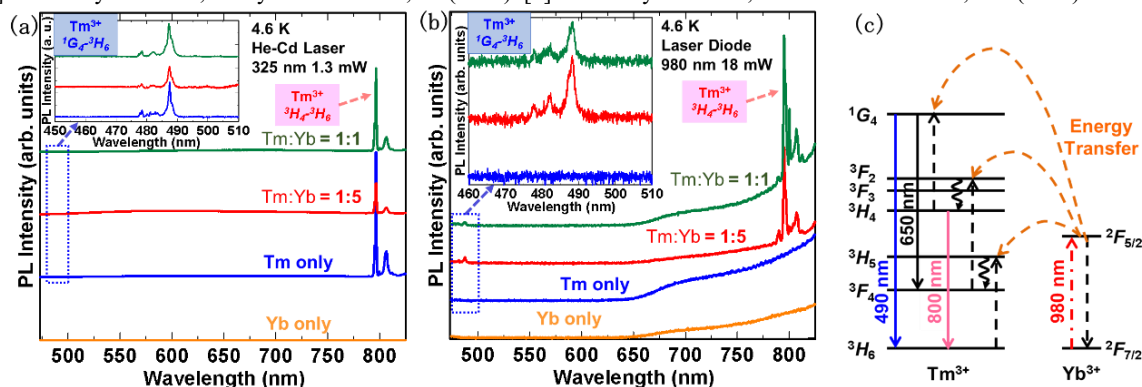


Fig. 1 PL spectra at 4.6 K excited by (a) a He-Cd laser and (b) a laser diode. (c) Up conversion process from Yb³⁺ to Tm³⁺.