

**Si 基板上 Tm,Yb 共添加 ZnO ナノワイヤの結晶成長と発光特性評価**  
**Formation and optical characteristics of Tm,Yb-codoped ZnO nanowires**  
**on Silicon substrates by sputtering-assisted MOCVD**

阪大院工 ○西山 直登, 館林 潤, 市川 修平, 藤原 康文

Osaka Univ. ○N. Nishiyama, J. Tatebayashi, S. Ichikawa, and Y. Fujiwara

E-mail: [naoto.nishiyama@mat.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:naoto.nishiyama@mat.eng.osaka-u.ac.jp)

**【はじめに】**  $Tm^{3+}$ と  $Yb^{3+}$ を共添加した蛍光体は  $Tm^{3+}$ イオンの  $4f$ 殻内励起を介した、波長 980 nm に遷移を持つ  $Yb^{3+}$ イオンへのダウンコンバージョン(Down Conversion: DC)機能を有するため波長変換材料として注目されている[1]。なかでも、紫外域に高い光吸収効率を広い帯域で有する ZnO を希土類イオンの添加母体として用いることで、希土類イオンの励起が ZnO 母体からのエネルギー輸送により効率良く生じることから[2]、太陽電池のエネルギー変換効率の向上が期待される。我々は、ZnO:Tm,Yb を成膜する下地をナノワイヤ構造とすることにより、DC に必要とされる  $Tm^{3+}$ イオンの  ${}^1G_4 \rightarrow {}^3H_6$  遷移に起因する波長 490 nm 付近の発光を初めて観測することに成功するとともに[3]、Tm から Yb へのエネルギー輸送を実証した[4]。今回、Si 太陽電池への実装を目指し、Si 基板上の ZnO ナノワイヤの成長技術を確認するとともに、サファイア基板に比して遜色の無い希土類発光を得ることに成功したのでこれを報告する。

**【実験方法と結果】** 本研究では、添加母体である ZnO をジエチルジンク(DEZn)と酸素を原料とした MOCVD 法により成長した。サファイア(0001)及び Si(100)基板上に成長温度 400°C で ZnO 低温バッファ層を成長し、650°C で 10 分間アニール処理をした後、同温度で ZnO ナノワイヤ構造を作製した[5]。その後、ZnO 成長中に基板上部で  $Tm_2O_3, Yb_2O_3$  混合ターゲットを RF スパッタリングすることにより ZnO:Tm,Yb/ZnO コアシェル様ナノワイヤ構造を作製した(図(a))。低温バッファ層の導入により ZnO ナノワイヤの成長配向性の改善が観測された。低温(4K)でフォトルミネセンス(Photoluminescence: PL)測定を行った結果、 $Yb^{3+}$ イオンの  ${}^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$  遷移(980nm)に起因する発光強度を増強させることに成功した(図(c))。また、Si 基板上においてもサファイア基板に比して遜色の無い  $Tm^{3+}$ イオンの  ${}^1G_4 \rightarrow {}^3H_6$  遷移に起因する波長 490 nm 付近の発光が観測された(図(d))。

**【参考文献】**

- [1] L. Xie *et al.*, Appl. Phys. Lett. **94** (2009) 061905.
- [2] T. Tsuji, Y. Fujiwara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **52** (2013) 111101.
- [3] J. Tatebayashi *et al.*, J. Cryst. Growth **503** (2018) 13.
- [4] 中島他, 第 79 回 応用物理学会秋季学術講演会, 19p-221A-9 (2018).
- [5] Y. Zeng, *et al.*, Appl. Surf. Sci. **250** (2005) 280.

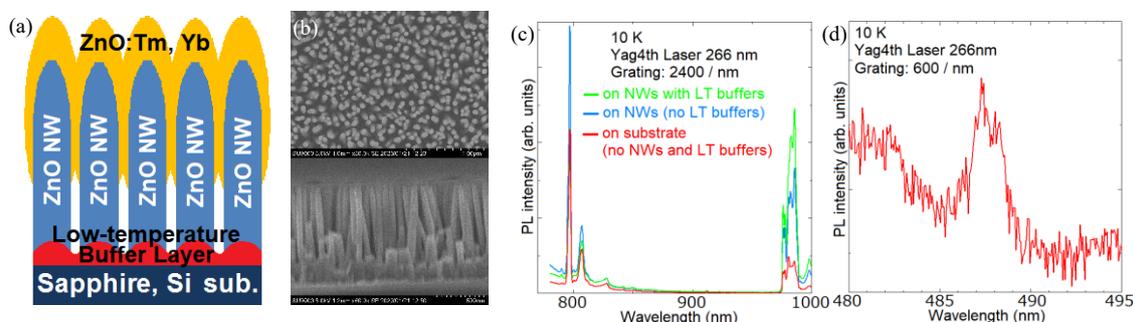


Figure (a) Schematic illustration, (b) SEM image of ZnO nanowires on low-temperature buffer layer on silicon substrate, (c) 880 nm PL spectrum of ZnO:Tm,Yb on Si(100) substrate at 4 K, (d) 490 nm PL spectrum of ZnO:Tm,Yb on Si(100) substrate at 4 K.