

希土類発光層をもつ LED の低抵抗化へ向けた $\text{TiO}_2:\text{Sm}:\text{Nb}$ の研究

Study of $\text{TiO}_2:\text{Sm}:\text{Nb}$ for low-resistance rare-earth light emitting layer LED

佐藤 賢治¹, 村山 真理子¹, 岩名 祥吾¹, 大田 聖剛¹, 小室 修二², 趙 新為^{1*}

¹ 東京理科大学理学部, 〒162-8601 新宿区神楽坂 1-3

² 東洋大学理工学部, 〒350-8585 川越市鯨井中野台 2100

Kenji SATO¹, Mariko MURAYAMA¹, Syuji KOMURO² and Xinwei ZHAO¹

¹Department of Phys., Tokyo Univ. of Sci., 1-3 Kagurazaka, Shinjyuku, 162-8601, Japan

²Faculty of Sci. and Eng., Toyo Univ., 2100 Kujirai, Kawagoe, 350-8585, Japan

1 はじめに

希土類発光はスペクトルがシャープである。これは、希土類元素の発光の遷移が内殻にあるためクローン遮蔽が生じ、周囲の結晶場や温度による外的要因に影響を受けづらいからである。本研究ではこの特性に注目し、希土類であるサマリウム (Sm) を発光中心とした LED の作製を模索している。本来であれば、希土類由来の遷移は禁制遷移となっている。しかし、ワイドバンドギャップ半導体に添加することにより許容遷移となるため、発光の窓としての役割を果たすようになる。したがって、広いバンドギャップを有する酸化半導体である TiO_2 を母材として採用している。

しかし、LED の作製において発光層として用いている TiO_2 の抵抗が高いことによるデバイス全体の低抵抗化が課題としてあがった。 $\text{TiO}_2:\text{Nb}$ 導電薄膜の先行研究¹⁾より、Nb を共添加することで高抵抗の問題を解決しようと試みた。その結果、共添加による発光の変化が観測され、Sm 周辺の局所構造に起因するのではないかと推測された。今回はこの Nb の共添加濃度と PL 発行強度、ならびに局所構造の変化を確認することを目標とし、測定を行った。

2 実験

$\text{TiO}_2:\text{Sm}:\text{Nb}$ 薄膜はレーザーアブレーション法により Si (100) 上に製膜された。レーザーには YAG-Laser の第 3 高調波 (355nm, 10Hz) を使用、ターゲットには $\text{TiO}_2:\text{Sm}_2\text{O}_3:\text{Nb}_2\text{O}_3$ (99-x:1:x wt%) を使用した。ターゲットの種類については Nb の共添加濃度 x=0 (TSM), x=0.1 (TSN0.1), x=1 (TSN1), x=11 (TSN11) の 4 種類を使用している。チャンバー内の分圧は 1.0×10^{-2} Tor としており、酸素を封入している。処理はアニールを行っており、酸素雰囲気中でアニール温度を 700°C、アニール時間は 30 分行った。

発光評価は本研究室で PL 測定を行い、結晶構造については東京理科大学で XRD を測定、XAFS は KEK, PF-9A において Sm-LIII 端の測定を行うことにより評価した。今回は TSM の XAFS データはとっていないため、PL 測定のみとなる。

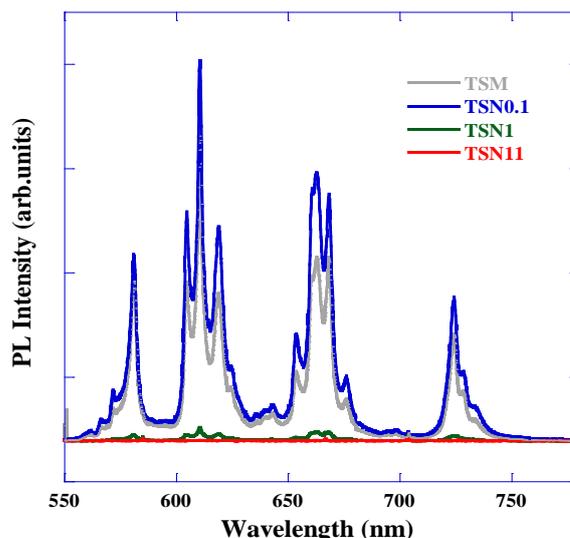


図 1 $\text{TiO}_2:\text{Sm}:\text{Nb}$ (99-x:1:x wt%) の PL 測定結果

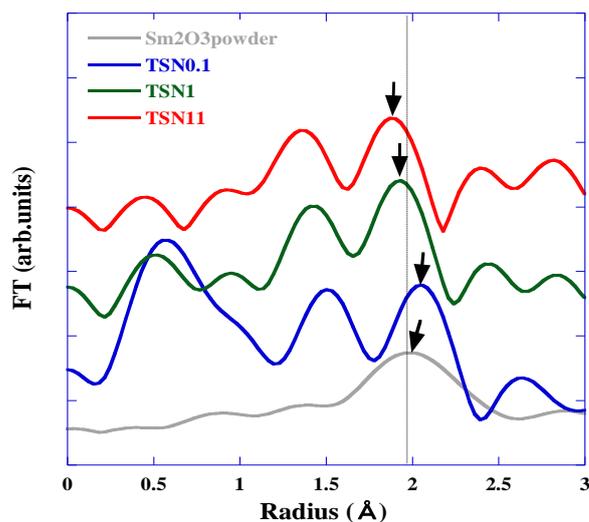


図 2 $\text{TiO}_2:\text{Sm}:\text{Nb}$ (99-x:1:x wt%) の RSF

3 結果および考察

XRD より、すべての Nb 添加濃度において Anatase 型であることが確認されており、相転移による結晶構造の変化はない。

PL測定では図1のように顕著な発光の変化が確認された。Nbを添加していないTSMよりもTSN0.1の発光強度がわずかに増大しており、波長領域550~780 nmでの積分強度は1.2倍となっている。しかしながら、Nbの共添加濃度がふえるごとに発行強度は著しく低下する。

図2のようにNbの共添加濃度が増えるほどピークは左にシフトしている。現在解析途中ではあるが、Nb共添加による発光の変化は発光中心であるSmの周囲環境の変化に起因するものである可能性は極めて高いと言える。

4 まとめ

TiO₂:Sm:Nb 薄膜において、Nb共添加濃度の増大は発光の低下を招くことが確認されており、この現象とSm中心の局所構造の変化に関係性がみられた。

先行研究^[2]により発光とSm中心の対称性に関係があることが確認されているため、Nb共添加による対称性の変化がどのように生じているかが今後の解析で注視する点である。

参考文献

- [1] Y. Furubayashi, T. Hitosugi, Y. Yamamoto, K. Inaba, G. Kinoda, Y. Hirose, T. Shimada, and T. Hasegawa, Appl. Phys. Lett. 86, 252101, (2005).
- [2] M. Murayama et al., Optics and Photonics Journal. 8, 146-164 (2018)

*xwzhao@rs.kagu.tus.ac.jp