

アモルファス酸化物半導体 α -GaO_x をホストとする蛍光体を用いた 直流駆動型発光素子の低温作製

Low-temperature fabrication of direct-current driven electroluminescent device using
amorphous oxide semiconductor thin-film phosphor, α -GaO_x

東工大¹, NIMS², KEK³ ○渡邊脩人¹, 井手啓介¹, 片瀬貴義¹, 笹瀬雅人¹, 戸田喜文¹,
金正煥¹, 上田茂典², 堀場弘司³, 組頭広志³, 平松秀典¹, 細野秀雄¹, 神谷利夫¹

Tokyo Tech.¹, NIMS², KEK³ ○N. Watanabe¹, K. Ide¹, T. Katase¹, M. Sasase¹, Y. Toda¹, J. Kim¹, S. Ueda²,
K. Horiba³, H. Kumigashira³, H. Hiramatsu¹, H. Hosono¹, T. Kamiya¹

E-mail: n.watanabe@mces.titech.ac.jp

[はじめに] 有機 EL 素子は自発光、高発光効率、低温成膜が可能という特長があり、軽量でフレキシブルな次世代発光素子として注目されている。しかしながら、有機発光層の熱・化学的な不安定性から特性が劣化し易い問題がある。そのため、安定な無機発光層での代替が期待されるが、従来の無機発光層は 500°C 以上の結晶成長プロセスを要し、ディスプレイ応用が難しい。そこで我々は、アモルファス酸化物半導体 (AOS) が室温作製でも高電子移動度と低欠陥密度を実現できる特徴に着目し、酸化ガリウムに希土類 (RE) を添加した α -GaO_x:RE³⁺ 薄膜 (RE³⁺ = Eu, Pr, Sm, Tb, Dy) を室温成膜することで、赤、ピンク、緑、橙の多色発光可能な AOS 蛍光体薄膜の開発に成功してきた[1,2]。本研究では、 α -GaO_x:RE³⁺ (RE³⁺ = Eu, Pr, Tb) を発光層に用いて、直流駆動型発光素子を低温でガラス基板上に作製し、発光特性とデバイス動作機構を調べたので報告する。

[実験] α -GaO_x:RE³⁺ 薄膜を発光層とする素子は、金属マスクを用いて ITO(150 nm)/無アルカリガラス基板 (3 cm² × 0.5 mm²) 上に作製した。80nm 厚の α -GaO_x:RE³⁺ 薄膜を、RE₂O₃ (RE³⁺ = Pr³⁺, Eu³⁺, Tb³⁺) を添加した β -Ga₂O₃ 焼結体をターゲットに用いて、パルスレーザー堆積法により室温・酸素圧 5Pa 下で作製した後、300°C で酸素アニールした。正孔輸送層 / 電子ブロッキング層として α -NPD / α -MoO_x 薄膜を抵抗加熱蒸着により成膜し、最後に Ag 薄膜を上部/下部電極として成膜した。

[結果] 全ての素子で電流-電圧特性に整流特性 (図 1) が得られ、添加した RE³⁺ に起因して、赤 ((a) Eu³⁺)、ピンク ((b) Pr³⁺)、緑 ((c) Tb³⁺) の発光を目視で確認できた。電流密度の増加に伴って、素子のエレクトロルミネッセンス強度が増加したことから、電流注入による発光を確認できた。共鳴光電子分光から RE³⁺ の吸収端を測定したところ、Eu³⁺ の 4f 軌道は α -GaO_x の価電子帯に埋もれていることから正孔注入が困難であり、Tb³⁺ と Pr³⁺ の 4f 軌道はバンドギャップ内に存在し、外部から電子と正孔の注入が可能であるため、Eu³⁺ はインパクトイオン化による発光で、Tb³⁺ と Pr³⁺ は電子/正孔再結合による発光であることを明らかにした。

[1] J. Kim et al., NPG Asia Mater. 9, e359 (2017).

[2] N. Watanabe et al., ECS J. Solid State Science and Technol. 6, 410 (2017), pss(a) 1700833 (2018).

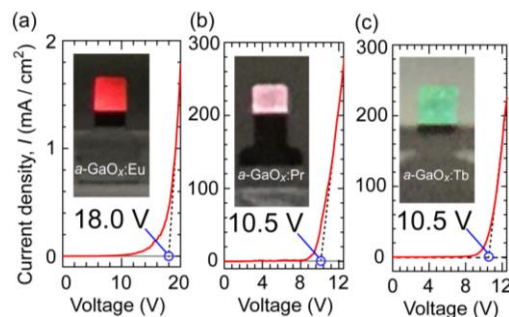


Fig.1 Current density – voltage characteristics for α -GaO_x:RE devices with RE = Eu (a), Pr (b), and Tb (c). Inset shows the photograph of the device under applying voltage.