

カソードルミネッセンス法を用いた m 面サファイア基板上 Sn-doped α -Ga₂O₃ の深い準位の解析 II Study on deep level in Sn-doped α -Ga₂O₃ grown on m-face sapphire by using cathodoluminescence method II

○守屋 亮¹, 城川 潤二郎¹, 高橋 勲², 四戸 孝², 肖 世玉³, 三宅 秀人³, 荒木 努¹
 , 立命館大学¹, FLOSFIA², 三重大学³

○ R. Moriya¹, J. Kikawa¹, I. Takahashi², T. Shinohe², S. Xiao³, H. Miyake³, T. Araki¹
 Ritsumeikan University¹, FLOSFIA Inc.², Mie University³
 E-mail: re0115hr@ed.ritsumei.ac.jp

【はじめに】 前回、我々はカソードルミネッセンス(CL)法を用いて Sn-doped m 面 α -Ga₂O₃ は 2.8 eV の青色発光帯(BL)と 3.7 eV の紫外線発光帯(UVL)の 2 つの発光帯を有することを示し、Sn 濃度と Debye 長の関係から UVL は自己束縛励起子(STH)による励起子発光(STE)であると示唆されると報告した^[1]。今回は、CL スペクトルの温度依存性や加速電圧変化から BL と UVL の起源を推定したので報告する。

【使用試料】 m面サファイア基板上に、ミスト CVD 法^[2]により α -Ga₂O₃ 薄膜を成長した試料を使用した。ドーパントは Sn を用いている。Sn 濃度は 10^{17} ~ 10^{19} cm⁻³ の 7 水準である。参照として undope の α -Ga₂O₃ 薄膜も成長した。

【測定結果】

図 1 に CL スペクトルの温度依存性を示す。Sn の低濃度領域では、低温から室温まで UVL が支配的であり、温度依存性の強いことがわかる。スペクトルの積分強度変化のアレニウスプロットから UVL の Binding energy は $E_B=114$ meV(undope:110 meV)と計算される。一方、A. Segura らはエリプソメトリー測定から $E_B=126$ meV と報告している^[3]。しかし、半値幅の温度依存性から有効フォノンエネルギーは $h\omega=57.5$ meV と計算され、報告されている E_{g1} フォノンの値は 30 meV と少し差はあるが^[4]、これらから UVL は STE 発光であると示唆される。Sn の高濃度領域では低温から室温まで BL のみ観測された。BL は温度依存性が小さい。 β -Ga₂O₃ でも同様に温度依存性が小さく BL は DAP 発光であると報告されている^[5]。ドナーとして酸素空孔(V_O)、アクセプタとして Ga 空孔(V_{Ga}) または複合欠陥(V_O-V_{Ga})等が候補として検討されている。発光波長から、それぞれは深い準位であり、温度依存性が小さいと考えられる。第一原理計算から α -Ga₂O₃ の点欠陥の formation energy は計算されており^[6]、 β -Ga₂O₃ と同様に深い準位である。

次に、BL のピーク波長は CL 測定時の加速電圧および、Sn 濃度の増加と共に blue shift していることが観測されている。これらは DAP 発光の有力な性質であり、BL が DAP 発光であることを強く示唆している。以上について講演ではデータに基づいてより詳細に述べる。

【参考文献】

[1] 守屋 *et al.*, 2020 年第 81 回応物秋季講演会 9p-Z20-3 [2] K. Kaneko *et al.*, J. Appl. Phys., 52, 020201 (2012). [3] A. Segura *et al.* Phys. Rev. Materials 1, 024604 (2017). [4] R. Cuscó *et al.*, J. Appl. Phys. 117, 185706(2015). [5] T. Onuma *et al.*, J. Appl. Phys. 124, 075103 (2018). [6] T. Kobayashi *et al.*, Appl. Phys. Express 12, 091001 (2019).

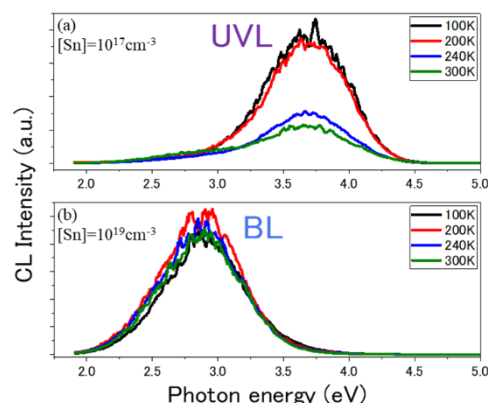


Fig.1 Temperature-dependent CL spectra of m-plane α -Ga₂O₃ with different Sn concentrations [Sn] of (a) 10^{17} cm⁻³ and (b) 10^{19} cm⁻³.