

HVPE 法で結晶成長した Si ドープ β -Ga₂O₃ ホモエピ膜の欠陥準位評価

Deep-Level Defect Investigation of Si-Doped β -Ga₂O₃ Homoepitaxial Films

Grown by Halide Vapor Phase Epitaxy

中部大工 °中野 由崇, 豊留 彬

Chubu Univ., °Yoshitaka Nakano, Akira Toyotome

E-mail: nakano@isc.chubu.ac.jp

【背景】 近年、 β -Ga₂O₃ は GaN や SiC よりも大きな絶縁破壊電圧を有するため次世代パワー半導体として注目されており、様々なデバイス動作も報告されている[1]。同時に、EFG (Edge Defined Film-Fed Growth)法による β -Ga₂O₃ 単結晶自立基板の大口径高品質化や HVPE 法によるホモエピ基板の開発も積極的に進められている[2]。一方、デバイス特性に直結する電氣的に活性な欠陥やキャリア輸送特性等に関する知見はほとんど報告されておらず、デバイス特性の更なる向上のため β -Ga₂O₃ ホモエピ膜の電氣的評価技術を含め十分な欠陥準位物性の理解が求められている[3,4]。本発表では、単色分光照射による光容量過渡分光法(SSPC: Steady-State Photo-Capacitance Spectroscopy)を用いて、HVPE(Halide Vapor Phase Epitaxy)法で β -Ga₂O₃ 基板上に結晶成長した Si ドープ β -Ga₂O₃ ホモエピ膜の欠陥準位評価を行ったので報告する。

【実験】 EFG 法で作製した Sn ドープ β -Ga₂O₃(001)単結晶基板($[\text{Nd-Na}] : \sim 1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$)上に HVPE 法で結晶成長した Si ドープ β -Ga₂O₃ ホモエピ基板(市販品, $[\text{Nd-Na}] : \sim 4 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$, 膜厚: 6.7 μm)を評価用サンプルとした[2]。UV-VIS 領域の分光透過率測定から光学バンドギャップ吸収端を見積もった。266nm の励起光を用いて PL の温度依存性(13K-300K)を測定した。水銀プローブ電極を用いて、100kHz において C-V 測定と SSPC 測定を行い、 β -Ga₂O₃ ホモエピ膜の有効キャリア濃度 $[\text{Nd-Na}]$ と欠陥準位濃度分布を評価した[4]。SSPC 測定の単色分光照射はキセノン光源を用いて 1600nm から 240nm まで波長掃引し、分光照射波長毎に光容量の過渡応答特性を測定した。

【結果】 C-V 特性の $1/C^2$ -V プロットから有効キャリア濃度 $[\text{Nd-Na}]$ はほぼ $4.2 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ (測定深さ領域: 230~465nm)であった。SSPC 測定からバンドギャップ内には少なくとも 7 つの欠陥準位が存在することが分かった。伝導帯への電子放出に対応する正の光容量変化を示す T1, T2, T3, T4, T6 準位(T1: Ec-1.77eV, T2: Ec-2.45eV, T3: Ec-2.78eV, T4: Ec-3.18eV, T6: Ec-3.88eV), 価電子帯からの電子捕獲に対応する負の光容量変化を示す T5, T7 準位(T5: Ev+3.67eV, T7: Ev+4.0eV)が検出された(図 1)。これらの欠陥準位は大きな測定バイアス電圧依存性があり、膜上部に近いほど欠陥準位濃度は高くなる傾向を示した。特に、T5, T7 準位は β -Ga₂O₃ 自立基板の場合とは大きく異なり顕在化していることから、Si ドーピングにより形成された酸素空孔(V_o)関連の欠陥準位であると考えられる[5]。更に、急峻な光応答特性を示す T6 準位はホモエピ膜内部に形成された転位・表面欠陥などに関連した欠陥準位であると考えられる。

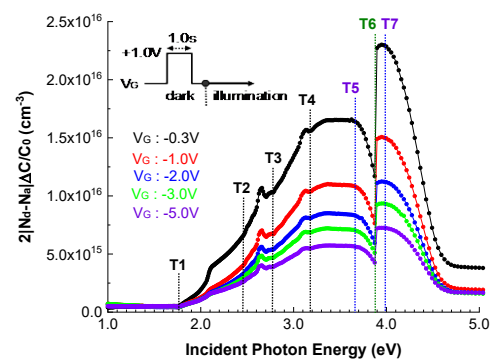


Fig. 1. SSPC spectra at V_g of -5.0V of Si-doped β -Ga₂O₃ homoepitaxial film grown by halide vapor phase epitaxy.

- [1] M. Higashiwaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 013504 (2012); Appl. Phys. Lett. **103**, 123511 (2013).
- [2] H. Murakami *et al.*, Appl. Phys. Express **8**, 015503 (2015).
- [3] Z. Zhang *et al.*, Appl. Phys. Lett. **108**, 052105 (2016).
- [4] Y. Nakano, ECS J. Solid State Sci. Technol. **6**, P615 (2017).
- [5] J.B. Varley *et al.*, Appl. Phys. Lett. **97**, 142106 (2010).