

TEM 観察を用いた Sn ドープ m 面 α -Ga₂O₃ の結晶欠陥評価

TEM Observation of Sn-doped m-plane α -Ga₂O₃

立命館大学¹, FLOSFIA², °早川 紘生¹, 城川 潤二郎¹, 四戸 孝², 高橋 勲², 荒木 努¹

Ritsumeikan Univ¹, FLOSFIA Inc², ° H. Hayakawa¹, J. Kikawa¹, T. Shinohe², I. Takahashi², T. Araki¹

E-mail: re0077pe@ed.ritsumei.ac.jp

α 酸化ガリウム(α -Ga₂O₃)はバンドギャップ値が約 5.3 eV と非常に大きく、絶縁破壊電界も 8 MV/cm を超えると推測されるなどの特性を持ち合わせるため、パワーデバイスへの応用が期待されている新しい半導体材料である。これまで α 酸化ガリウムでは Sn ドープによる導電性制御が報告されている^[1]。また太田らによって m 面 sapphire 基板上 α -Ga₂O₃ と c 面 sapphire 基板上 α -Ga₂O₃ では移動度の面異方性が報告されている^[2]。一方、第一原理計算では異方性が否定されており^[3]、この電気的特性の異方性は現実結晶に存在する結晶欠陥が大きな影響を与えていると考えられる。現に c 面 sapphire 基板上 α -Ga₂O₃ では転位密度が $7 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ^[4]、m 面 sapphire 基板上 α -Ga₂O₃ では約 $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-2}$ ^[5]という報告があり結晶欠陥の影響は十分考えられる。そこで本研究では Sn 濃度が約 $1 \times 10^{17} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の異なる m 面 Sapphire 基板上 α -Ga₂O₃ の TEM 観察より Sn 濃度と結晶欠陥の関連性を示す。

TEM 観察方向は転位線の方角を決定するために、それぞれ直交する関係である c 軸方向と a 軸方向から観察した。Fig.1、2 に Sn 濃度がそれぞれ約 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、約 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ である a 軸方向から観察した m 面 Sapphire 上 α -Ga₂O₃ の TEM 像を示す。それぞれの TEM 像において赤岩らの報告^[5]と同様に基板に垂直方向から傾いた転位線の存在が確認できる。TEM 像から解析した転位線の平均角度は Sn 濃度の増加とともに大きくなる傾向が見られ、Sn 濃度が $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ では約 66 度であり、Sn 濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ では約 74 度であった。また転位線には基板に対して垂直方向に延びるものもみられ、全体の転位線に対する垂直方向に延びる転位線の割合は Sn 濃度の増加に従って小さくなる傾向が見られた。当日は異なる Sn 濃度に対する結晶欠陥の特徴についても述べる。

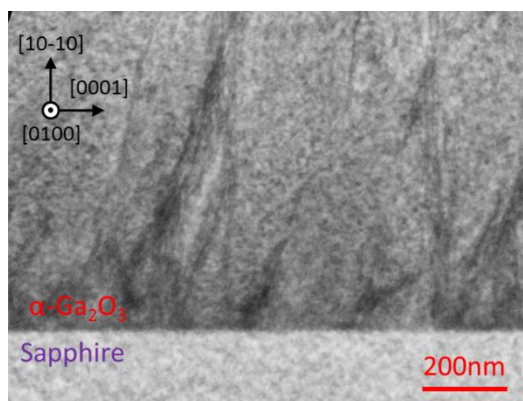


Fig. 1 Cross sectional TEM image of α -Ga₂O₃ on m-plane sapphire substrate viewed along a-axis (Sn: $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)

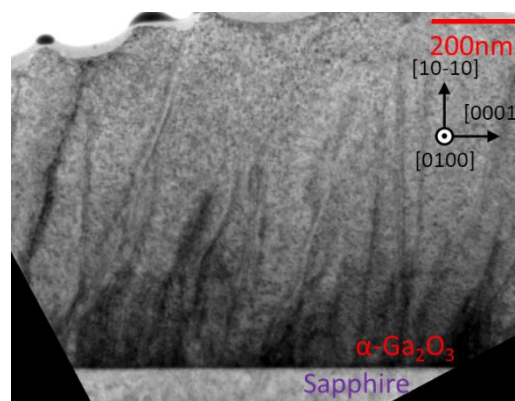


Fig. 2 Cross sectional TEM image of α -Ga₂O₃ on m-plane sapphire substrate viewed along a-axis (Sn: $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)

[1] K. Akaiwa, K. Kaneko, K. Ichino and S. Fujita, Jpn.J. Appl. Phys. 55, 1202BA (2016)

[2] 太田勝也 *et al.*, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会. 14a-502-8 (2017)

[3] H. He *et al.*, Appl. Phys. Lett., 88, 261904 (2006)

[4] K. Kaneko *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 020201 (2012)

[5] 赤岩知明 *et al.*, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 19p-P11-16 (2018)