

窒素ドーパ酸化ガリウム薄膜の成長とバンド構造評価

Growth of N-doped Ga₂O₃ films and characterization of their band structures東工大物質理工学院¹, トヨタ自動車², 元素戦略³, ○齊藤 拓海¹, 加渡 幹尚², 大友 明^{1,3}Tokyo Tech., Dept. Chem. Sci. Eng.¹, Toyota Motor Corporation², MCES³○T. Saito¹, M. Kado², A. Ohtomo^{1,3}

E-mail: saito.t.au@m.titech.ac.jp

【はじめに】酸化ガリウム (β -Ga₂O₃) は次世代のパワーデバイス材料として注目を集めている。我々は前回, p 型化を目的とした N アクセプタードーパを試み, NO ガスを用いたパルスレーザ堆積法により高濃度かつ高結晶性の N-doped Ga₂O₃ 薄膜を報告した [1]。本研究では, 供給ガスとして NO ガスに加えて, N₂ と O₂ の混合ガスについて検討し, 成長した薄膜の窒素濃度 ([N]) およびバンドギャップ (E_g) から各成長雰囲気における N ドープの効果を考察した。

【実験】基板温度 (T_g) は 500–900 °C, ターゲットは β -Ga₂O₃:UID 単結晶, 成長雰囲気は (1) NO ガス ($P_{NO} = 1.0 \times 10^{-3}$ Torr), または RF プラズマ源により活性化した (2) NO プラズマ (0.50 sccm) もしくは (3) N₂ と O₂ の混合プラズマとし, β -Ga₂O₃:UID (010) 基板上に薄膜を作製した。条件 (3) は総流量を 0.50 sccm に固定し, N₂ と O₂ の流量比を変えた。薄膜の [N] の決定には二次イオン質量分析法, E_g の決定には反射型電子エネルギー損失分光法 (REELS) を用いた。

【結果】Fig. 1 に条件 (3) で作製した薄膜の N₂ 流量に対する [N] を示す。N₂ 流量の増加に伴い [N] が約 3 桁増加した。また, 条件 (2) と流量比 1 : 1 の条件 (3) における [N] は, ほぼ同じ値を示した。これらは酸化力に影響する O ラジカル成分と [N] に影響する N ラジカル成分を独立に制御可能であることを示している。Fig. 2 に $T_g = 500$ °C で成長した各薄膜の REELS スペクトル, Fig. 3 に各薄膜の [N] に対する E_g を示す。条件 (1) の場合では, 裾を引いたスペクトル形状であることから E_g は著しく低く, 結晶性の低下が示唆される。実際, 薄膜の対称面 X 線回折 (XRD) によりアモルファスであることがわかった。一方, 条件 (2) と (3) の場合では, スペクトルの立ち上がりがシャープであり E_g の変化は僅かであった。対称面 XRD パターンは結晶性のピークを示した。これらの結果は, プラズマによる N ドープは結晶へのダメージが小さいことを示している。

[1] 李政洙他, 第 66 回応用物理学会春季学術講演会, 11p-S011-6 (2019).

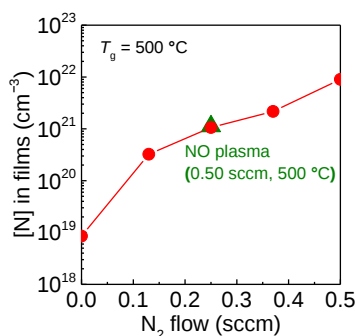


Fig. 1 [N] in Ga₂O₃ films grown using N₂+O₂ mixed plasma at 500 °C.

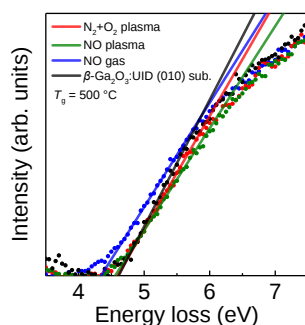


Fig. 2 REELS spectra near onsets of loss spectra for N-doped Ga₂O₃ films grown using N₂+O₂ mixed plasma, NO plasma, or NO gas.

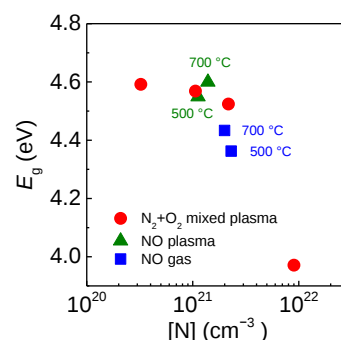


Fig. 3 [N]-dependence of E_g in Ga₂O₃ films grown under various conditions.