

(Ga_xIn_{1-x})₂O₃ 固溶体薄膜における結晶・電子構造の組成・基板依存性

Composition and substrate dependence of crystal and electronic structures of

(Ga_xIn_{1-x})₂O₃ alloy system

1. 鶴岡高専 2. 物質・材料研究機構

°宝賀剛^{1,2}, 知京豊裕², 長田貴弘²

1. NIT, Tsuruoka College 2. NIMS

°T. Hoga^{1,2}, T. Chikyow², and T. Nagata²

E-mail: NAGATA.Takahiro@nims.go.jp

【背景・目的】

近年、Ga₂O₃、In₂O₃は、ワイドギャップ半導体としてトランジスタのチャネル材料として注目されている。しかし、ドーピングによるキャリア制御が困難であり、In₂O₃では、表面に電子縮退層が観察され電子状態制御に問題がある。これら材料は、結晶多形材料で、準安定相を用いると制御性の悪い表面電子状態と半導体キャリアの制御性が向上することが理論計算で予測されている。また、固溶体形成により材料のバンドギャップを変調することで半導体キャリア制御や、結晶構造制御によるドーピング効率の向上が期待できる。そこで本研究では、非平衡薄膜合成手法を用いて、単結晶基板と固溶体化によってGa₂O₃とIn₂O₃の構造制御の可能性の検討と物性がどの様に変化するかを検討した。系統的な物性評価のためにコンビナトリアル手法によって(Ga_xIn_{1-x})₂O₃固溶体組成傾斜薄膜試料を作製し、その物性評価を行った結果を報告する。

【実験方法】

Fig.1 に試料構造を示す。基板は、β-Ga₂O₃のエピタキシャル成長に適した基板として c-サファイア基板、In₂O₃に適した基板として(111)YSZ 基板を用いて比較を行った。組成傾斜薄膜試料は、コンビナトリアルレーザー堆積法を用いて作製した。ターゲットは、In₂O₃、Ga₂O₃焼結ターゲット、レーザーには KrF エキシマレーザー(λ=248 nm)を用いた。基板温度は、赤外レーザー加熱により 300~600℃の間で設定した。基板加熱後、真真空度1×10⁻⁷Torr 以下で高純度酸素を1×10⁻⁴Torr まで導入し成膜を行った。設定膜厚は100 nmとした。結晶構造はX線回折手法(XRD)。2次元検出器 XRD を用いてエピタキシャル成長の評価を実施した。表面形状は、原子間力顕微鏡観察を行った。化学結合・電子構造評価は、Al k α(hν= 1486eV)の X 線を用いた光電子分光法(XPS)で実施した。

【実験結果】

Fig. 1 に、基板温度 400℃で作製したサファイア基板上の試料の XRD 測定結果を示す。いずれの基板も In₂O₃側では In₂O₃が111 配向しており、2次元 XRD の結果からエピタキシャル成長していることを確認した。YSZ 基板では In₂O₃組成が X=0.4 近傍まで In₂O₃構造を維持し、Ga₂O₃の結晶化は確認されなかった。サファイア基

板では、X=0.4 組成で回転ドメインを含む多結晶構造が現れ、β-Ga₂O₃構造との混晶が確認された。また表面粗さも RMS 値で1 nm 程度から30nm まで増加した。今回のレーザーアブレーションで作製した試料では、XPS 測定の結果からは、In₂O₃構造での表面電子縮退層は確認されなかった。価電子带上端は、Ga₂O₃組成の上昇と共に高結合エネルギー側にシフトし、電子状態は価電子带上端を形成する In4d と O2p の構成比が変化し、8eV 近傍の強度が強くなる Ga₂O₃の構造へと連続的に変化した。以上から(Ga_xIn_{1-x})₂O₃固溶体薄膜では In₂O₃構造(立方晶系 bixbyite 構造)が広い組成範囲で維持される事が確認された。とくに YSZ 基板では、X=0.4 組成まで In₂O₃構造を維持した固溶体薄膜が得られる事が解った。講演では基板温度変化に対する構造変化についても議論する。

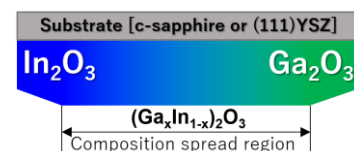


Fig. 1 Schematic illustration of (Ga_xIn_{1-x})₂O₃ composition spread thin film sample.

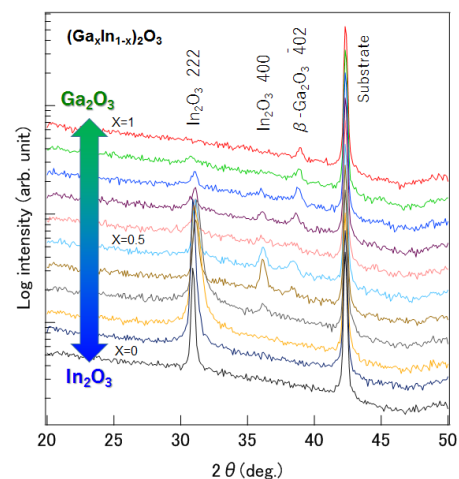


Fig. 2 XRD patterns of (Ga_xIn_{1-x})₂O₃ composition spread thin film on c-sapphire substrate deposited at 400 °C.