

スパッタエピタキシー法による $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ 単結晶薄膜の室温成膜

Room-temperature epitaxial growth of $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ films by magnetron sputtering

九大シス情, O成重 椋太, 山下 尚人, 鎌滝 晋礼, 奥村 賢直,
古閑 一憲, 白谷 正治, 板垣 奈穂

Kyushu Univ., °Ryota Narishige, Naoto Yamashita, Kunihiro Kamataki, Takamasa Okumura,
Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, Naho Itagaki
E-mail: r.narishige@plasma.ed.kyushu-u.ac.jp

我々は, ZnO と InN の疑 2 元混晶である $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ (以下 ZION) を開発している [1]. ZION は 1.0–3.4 eV の広範囲にわたり制御可能なバンドギャップや 30–60 meV の高い励起子束縛エネルギーを有し, 励起子デバイス用材料として期待されている. ZION 膜のエピタキシャル成長には, 基板温度 (T_s) が InN の分解温度 ($\sim 550^\circ\text{C}$) 以下に制限されるという難しさがあったが, 我々は基板の表面モフォロジーを精緻に制御し吸着原子のマイグレーションを促進することで, エピタキシャル成長@ $T_s = 450^\circ\text{C}$ を実現させた [2]. 本研究では, このマイグレーション効果を最大化するべく, 吸着カチオン原子が高い表面移動度を有する ZnO 基板の O 極性面上に [3], 二次核発生抑制の観点から有利な室温にて ZION 膜のエピタキシャル成長を行った. その結果, 更なる結晶品質の向上に成功したので報告する.

ZION 膜は, 単結晶 ZnO 基板 (格子不整合率 1.6%) 上に RF マグネトロンスパッタリング法により作製した. ターゲットには ZnO と In を用いた. スパッタリングガスには Ar , O_2 , および N_2 を使用し, ガス圧力は 0.50 Pa とした. 基板温度 (T_s) は室温 (RT) とした.

図 1 に, 異なる極性面上に異なる温度で作製した ZION 膜の原子間力顕微鏡 (AFM) 像と表面高さ分布を示す. いずれの基板温度においても ZION 膜は O 極性面上でより高い表面平坦性を示すことが分かった. これは, アニオンが最表面にきた時の表面ダングリングボンド数が O 極性面上でより小さく [3], 従ってカチオン原子がより長い表面マイグレーション長を有するためと考えられる. 次に異なる基板温度で比較したところ, 室温成膜した ZION 膜でより高い表面平坦性を示すことが分かった. $T_s = 450^\circ\text{C}$ で見られた表面高さ分布における高 height 領域での裾が $T_s = \text{RT}$ では観測されなかったことから, In の凝集等に起因した二次核発生が低温成膜により抑制されたことが低 T_s での高い平坦性をもたらしたと考えられる. 結果として, O 極性面上に $T_s = \text{RT}$ で成膜することで, 0.28 nm という極めて低い二乗平均平方根粗さ (R_q) を有し, かつその表面にステップテラス構造を有する単結晶 ZION 膜を作製することに成功した.

本研究の一部は JSPS 科研費 JP21H01372, JP21K18731, JP22H05000 の助成を受けた.

[1] N. Itagaki, *et al.*, Mater. Res. Express, 2014. [2] R. Narishige *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 2021. [3] H. Kato, *et al.*, J. Crystal Growth, 2004.

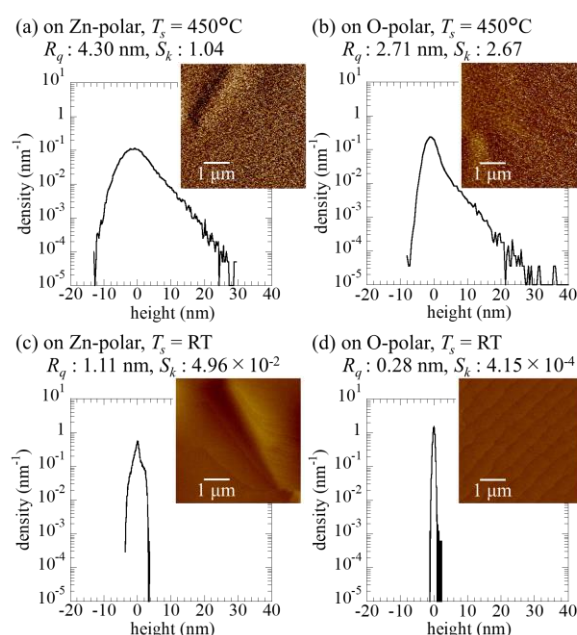


Fig. 1. AFM images and surface height distributions of ZION films fabricated at $T_s = 450^\circ\text{C}$ on Zn-polar (a), $T_s = 450^\circ\text{C}$ on O-polar (b), $T_s = \text{RT}$ on Zn-polar (c), and $T_s = \text{RT}$ on O-polar (d).