

c 面サファイア基板上への単結晶 ZnO 膜の形成：格子不整合系ヘテロエピタキシーにおける成長初期過程の表面形態の影響

Effects of surface morphology of buffer layers on heteroepitaxial growth of single crystalline ZnO films on c-sapphire substrates

九大シス情¹, JST さきがけ² ○板垣奈穂^{1,2}, 井出智章¹, 松島宏一¹, 山下 大輔¹, 徐 鉉雄¹, 古閑一憲¹, 白谷正治¹

Kyushu Univ.¹, JST-PRESTO² ○N. Itagaki^{1,2}, T. Ide¹, K. Matsushima¹, D. Yamashita¹, H. Seo¹, K. Koga¹, M. Shiratani¹

E-mail: itagaki@ed.kyushu-u.ac.jp

酸化亜鉛(ZnO)を用いた光・電子デバイスの実用化のためには、結晶欠陥密度の低い高品質な ZnO 膜を低コストで形成する必要がある。最近我々は、スパッタリング法を用いた ZnO 薄膜の結晶成長において、初期核形成を制御する新しい方法“不純物添加結晶化 (Impurity Mediated Crystallization: IMC) 法”を開発した。本手法により作製した ZnO 膜をバッファ層に用いることで、サファイア基板 (格子不整合率 18%) 上に、原子レベルで平坦な ZnO 単結晶膜を形成することに成功している [1, 2]。本講演では、上記 IMC 法により形成されたバッファ層について表面モフォロジーの定量的な評価を行い、格子不整合系のヘテロエピタキシーにおいて、成長初期の表面形態が及ぼす影響について調べたので報告する。

まず、IMC-ZnO バッファ層を RF マグネトロンスパッタ法により基板温度(T_{sb})700-780°Cにて作製した。基板には c 面サファイアを使用し、スパッタリングガスには Ar と N₂ を用いた。その後、IMC-ZnO バッファ層上に RF マグネトロンスパッタ法にて ZnO 膜を形成した。スパッタリングガスには Ar と O₂ を用い、基板温度は 700°C とした。バッファ層および ZnO 膜の膜厚はそれぞれ 10 nm および 1 μ m とした。ポストアニールは行っていない。

図 1 に、表面原子間力顕微鏡(AFM)像から求めた IMC-ZnO バッファ層の高さ分布関数 $p(z)$ を、図 2 に IMC-ZnO バッファ層上に作製した ZnO 膜の表面 AFM 像を示す。二乗平均粗さ(RMS)が最も小さい $T_{sb} = 740^\circ\text{C}$ のバッファ層を用いることで、表面平坦性・結晶性ともに優れた ZnO 単結晶膜を得ることができた。一方、 $T_{sb} = 700^\circ\text{C}$ および $T_{sb} = 780^\circ\text{C}$ では、バッファ層の RMS 値自体は大きく変わらなかったものの、それらを用いて形成した ZnO 膜のモフォロジーには顕著な差が見られた。 $T_{sb} = 780^\circ\text{C}$ のバッファ層では、高さ分布関数にブロードなピークが観測されたことから、表面粗さや結晶性に加え、成長初期における核形成の均一性が結晶品質を決定づけているといえる。高格子不整合系のヘテロエピタキシーにおいては、均一且つ高密度な核形成を行うことで、格子不整合から生じる歪みが均一に緩和されるとともに、その後の 2 次元的な結晶成長が促進されていると考えられる。本研究の一部は科研費、JST さきがけの助成を受けた。

[1] N. Itagaki et al., APEX 4 (2011) 011101 [2] 板垣他, 応用物理, Vol. 83 (2012) 385.

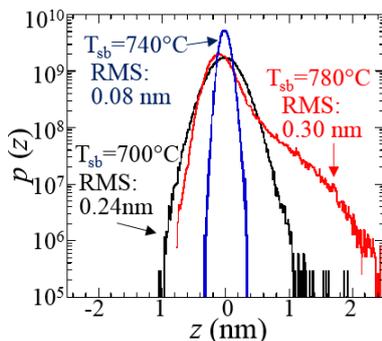


図 1. 表面 AFM 像から求めた IMC-ZnO バッファ層の表面高さ分布関数。

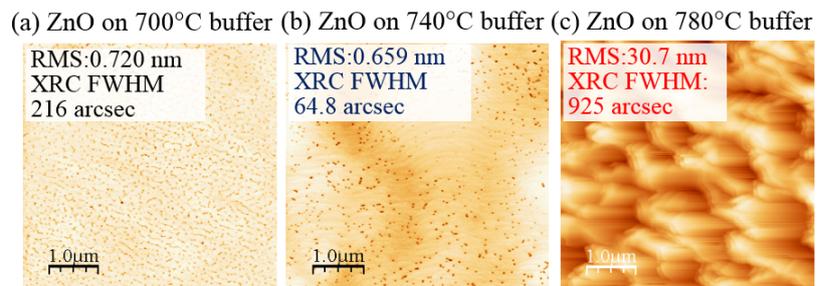


図 2. IMC-ZnO バッファ層上に作製した ZnO 膜の表面 AFM 像。バッファ層の作製温度(T_{sb})はそれぞれ、(a)700°C, (b)740°C, (c)780°C。