

## フラックス制御スパッタによるIn-rich $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ 膜のヘテロエピタキシー Hetero epitaxy of In-rich $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$ films by flux controlled sputter

宮原 奈乃華, 浦川 聖市, 山下 大輔, 鎌滝 晋礼, 中村大輔,  
古閑 一憲, 白谷 正治, 板垣 奈穂

Nanoka Miyahara, Seichi Urakawa, Daisuke Yamashita, Kunihiro Kamataki, Daisuke Nakamura,  
Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, Naho Itagaki

九州大学  
Kyushu University

筆者らは、可変バンドギャップの擬二元系混晶  $(\text{ZnO})_x(\text{InN})_{1-x}$  (以下ZION) を開発している [1-5]. ZIONは組成比制御によりバンドギャップを1.0-3.4 eVまで広範囲にわたり変調可能である. これまでに、スパッタリングプラズマ中のラジカル計測結果に基づいた緻密な組成制御によりZnOテンプレート上へのZIONのヘテロエピタキシーに成功している. しかし、ZnOとの格子不整合率が大きいIn-rich ZION膜にこの方法の適用は困難である. このため、サファイア基板直上にZIONのヘテロエピタキシーを実現することが望まれる. 本講演では、ターゲット及び気相からの原子・分子フラックス制御に加えて、基板温度により酸素・窒素の脱離反応制御を行うことで、サファイア基板直上にIn-rich ZION膜のヘテロエピタキシーを実現した結果を報告する.

ZION膜はRFマグネトロンスパッタリング法で作製した. 基板にはc面サファイアを用いた. ターゲットはZnOとInを用い、スパッタリングガスとしてAr,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ を使用した. ガス圧力は0.50 Pa, 基板温度は室温 (RT)および450°Cとした. ZION膜の膜厚はRTで410 nm, 450°Cで377 nmとした.

Figure 1に基板温度450°Cおよび室温にて作製したZION膜のX線回折(101)面 $\phi$ スキャンを示す.  $\phi$ スキャンにおいて六回対称性を示すピークが明瞭に観察された. すなわち、450°Cで作製したZION膜は、サファイア基板に対しエピタキシャル成長している. ZION膜の結晶成長様式を明らかにするため、ZION膜の表面モフォロジー時間発展の観察を行った. Figure 2に表面AFM像から求めた膜厚ごとのRMSラフネスを示す. 室温で作製したZION膜のRMSラフネスは膜厚の増加に伴い徐々に増加している. RT成膜では典型的な3次元成長をしていると考えられる. 一方で、450°Cで作製したZION膜のRMSラフネスは換算膜厚6 nmで極大値となり、その後膜厚の増加に伴いRMSラフネスが減少し、原子レベルで平坦な膜に成長した. 基板温度450°Cでは3次元島から2次元成長に移行したことが示唆された. この過程において、成長が速い面を有する初期核が優先的に成長・融合したことで最終的に横方向成長が起こり、エピタキシャル成長が実現したと考えられる. ZION膜の高品質作製において、精緻な組成制御が高品質結晶成長

の鍵である. 本研究の一部は科研費18H01206, SAMCO科学技術振興財団, NTT共同研究費の助成を受けた.

- [1] N. Itagaki, et al., U.S. Patent No. 8274078 (2008).
- [2] N. Itagaki, et. al., Mater. Res. Express 1, 036405 (2014).
- [3] K. Matsushima, et. al., IEEE Trans. Plasma Sci. 45, 323 (2017).
- [4] N. Itagaki, et al, Mater. Sci. Forum, (2019) in press.
- [5] N. Miyahara, et al, Mater. Sci. Forum, (2019) in press.

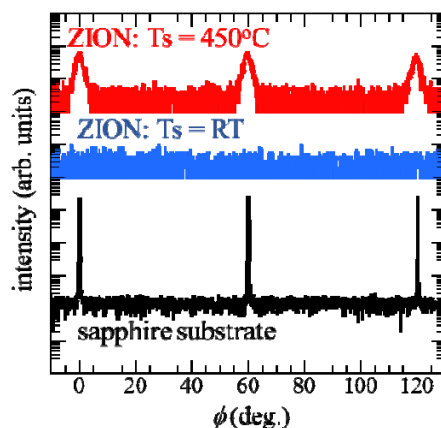


Fig. 1 Phi scan of the (101) plane of the ZION film fabricated at RT and 450°C.

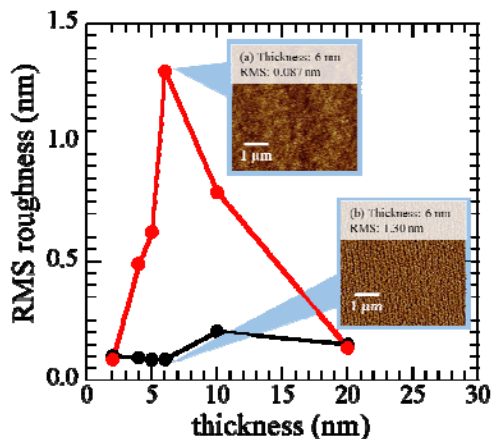


Fig. 2 RMS roughness as a function of the thickness of the ZION films fabricated at RT and 450°C. Inset shows the AFM images of ZION films.