

ZnON バッファ層を用いたサファイア基板上への 単結晶 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 薄膜の成長

Growth of single-crystalline $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ films on sapphire substrate using ZnON buffer layers

九大シス情, °(M2) 高橋大智, 山下大輔, 奥村賢直, 鎌滝晋礼, 古閑一憲, 白谷正治, 板垣奈穂

Kyushu Univ., °D. Takahashi, D. Yamashita, T. Okumura, K. Kamataki, K. Koga, M. Shiratani, N. Itagaki

E-mail: d.takahashi@plasma.ed.kyushu-u.ac.jp

ZnO の光デバイスへの応用展開のためには、バンドギャップエンジニアリング技術の確立が不可欠である。これまでに、 MgO との混晶形成によるバンドギャップ制御が試みられ、例えば大友らはウルツ鉱型の $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 薄膜 ($0 \leq x \leq 0.33$) をパルスレーザ蒸着法により作製し、3.40–3.99 eV と広範囲でのバンドギャップチューニングに成功した [1]。しかし、一般的に基板に用いられるサファイアとの間には 18% 程度の大きな格子不整合率があり、高品質な単結晶薄膜の成長には課題が残されている。そこで本研究では、ZnON バッファ層を用いることでこの解決を試みた。上記バッファ層は粒径が 10 nm 以下の ZnO 結晶粒で構成され、かつ原子レベルで平坦な表面を有する [2]。高密度に導入された粒界により格子不整合に起因した歪みエネルギーが解放されるため、転位発生を伴わない格子緩和が期待される。本講演では、ZnON バッファ層を導入することで、高 Mg 組成比での単結晶 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 薄膜の作製に成功したので報告する。

バッファ層を含めた全ての膜を高周波マグネトロンスパッタリング法により成膜した。基板には c 面サファイアを用いた。ZnON バッファ層の膜厚は 10 nm とし、成膜時の使用ガスおよび基板温度はそれぞれ Ar/N_2 および 780°C とした。 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 膜の膜厚は約 200 nm とし、成膜時の使用ガスおよび基板温度はそれぞれ Ar/O_2 および 800°C とした。

ZnON バッファ層の導入により、 $0.04 \leq x \leq 0.33$ の高 Mg 組成比を有し、且つ高い結晶品質を有する $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 膜の作成に成功した。また透過率測定から、バンドギャップは組成に応じて 3.37–4.03 eV の間で連続的に変化することを確認した (Fig. 1)。Figure 2 に酸素雰囲気中 880°C にてアニール処理した $\text{Zn}_{0.78}\text{Mg}_{0.22}\text{O}$ 膜の表面原子間力顕微鏡像を示す。1 cm^2 の基板全面にわたってステップ-テラス構造が観測された。ステップ高さは約 0.49 nm で、これは c 軸長に相当する。

(0002) 面 x 線ロッキングカーブ半値幅は組成に依存して 0.05° – 0.07° であり、量産性に優れたスパッタリング法でかつサファイア基板上においても、高品質な $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ 薄膜の作製が可能であることが示された。

本研究の一部は JSPS 科研費 JP21H01372, NTT 共同研究費, 豊田理研スカラーの助成を受けた。

[1] A. Ohtomo, et. al., *Appl. Phys. Lett.*, **72**, 2466 (1998).

[2] N. Itagaki, et al., *Sci. Rep.*, **10**, 4669 (2020).

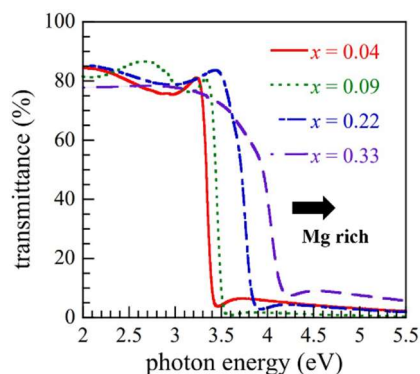


Fig. 1 Transmittance spectra of $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ films.

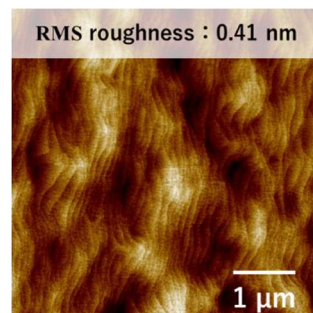


Fig. 2 AFM image of a post annealed $\text{Zn}_{0.78}\text{Mg}_{0.22}\text{O}$ film on ZnON buffer layer.