

バイアスパッタ法による Al_2O_3 (001) 基板上への巨大ドメイン VO_2 薄膜の成長と転移特性
Growth and the transition properties of large crystalline domain VO_2 films on Al_2O_3 (001) substrate
by biased sputtering

東海大院理工¹, トゥール大 GREMAN²

°ヌルー ハニス アズハン¹, 沖村 邦雄¹, ムスタファ ザグリウィ², 坂井 穰²

Graduate School of Science and Technology, Tokai Univ.¹, GREMAN, Univ. Tours²

Nurul Hanis Azhan¹, Kunio Okimura¹, Mustapha Zaghrioui², and Joe Sakai²

Email: nurulhanisazhan@gmail.com

二酸化バナジウム VO_2 は比較的低温の 68°C 付近において低温相の単斜晶 (Monoclinic, M1 相) から高温相の正方晶 (Tetragonal-Rutile, R 相) へ構造変態 (Structural Phase Transition, SPT) を起こし絶縁体—金属転移 (Insulator-Metal Transition, IMT) による 4~5 桁の急激な抵抗率変化を示す。我々は反応性スパッタ法において基板バイアス印加法を利用し、2 桁以上の転移特性を維持しながら室温に近い温度に転移温度をシフトさせた¹⁾。更に、ある特定の基板バイアスにおいて数 μm 以上のサイズを持つ巨大ドメインが支配的な特異な成長モードが発現した。本研究では、反応性スパッタ法における基板バイアス印加法において、 Al_2O_3 (001) 基板上への巨大ドメイン VO_2 薄膜の成長メカニズムとその転移特性について調べた。

成膜は金属 V (99.9%) をターゲットとする反応性スパッタ法において、基板に高周波バイアスを印加して行った。基板温度 425°C , Ar- O_2 ガス圧 0.5 Pa, O_2 流量 2.5 sccm, Ar 流量 38 sccm, ターゲット RF パワー 200 W 一定を基本とした。基板バイアス印加のため $50 \times 50 \text{ mm}^2$ のバナジウム板をヒータ上に設置し、基板バイアスパワーを 10 W 一定にし、成膜時間を 20~40 min と変化させて成膜を行った。

Fig. 1 に示す SEM 像では成膜時間と共に VO_2 膜の結晶モフォロジーが変わっていることが分かる。成膜時間 20 min では数十 nm の VO_2 結晶 (ナノグレイン) と共に白く見える酸化が進んだ V_2O_5 の混在が観察された。30 min では白い結晶粒が無くなり、数百 nm に近い結晶粒が現れ始め、ナノグレインとの共在が観察された。これは V_2O_5 が融解し、 VO_2 として再結晶化したと考えている。40 min では、数 μm 以上の巨大ドメインの成長が観察された。拡大した SEM 像と AFM の結果により、巨大ドメイン領域はステップテラス構造になっていることが分かった。Fig. 2 には Fig. 1 に対応する (a) XRD 及び (b) R-T 特性を示す。XRD において、ナノグレインが主体の 20 と 30 min の膜では通常の VO_2 (020) が配向成長しているが、巨大ドメインが支配的な 40 min の膜では VO_2 (020) と共に $2\theta=27.85^\circ$ と $2\theta=57.54^\circ$ に VO_2 (011) と (022) が見られ、配向している。また、R-T 特性では全ての膜において 2.5 桁の転移が観察されたが (011) 配向成長している 40 min の膜では、転移がより高い温度 ($\sim 90^\circ\text{C}$) まで続いていることが分かった。これは膜面内ストレスによる影響と考えられる。巨大ドメイン成長は成膜時の温度上昇による成膜初期に形成された V_2O_5 の融解が引き起こす現象と考えている。講演において巨大ドメインの特性評価や成長メカニズムの詳細について報告する。

1) Nurul Hanis Azhan et al. : J. Appl. Phys. 177 (2015) 185307.

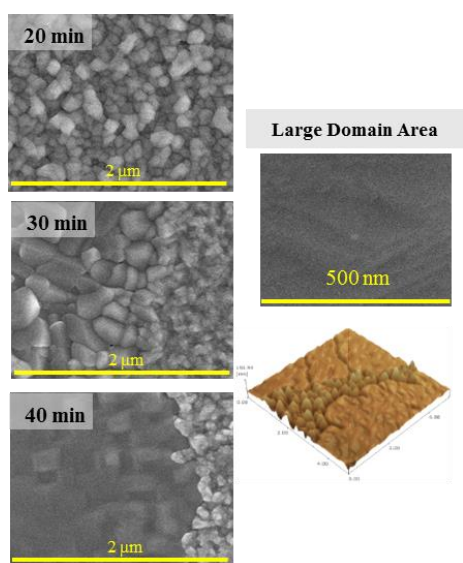


Fig. 1 SEM images of VO_2 films deposited on Al_2O_3 (001) with substrate bias of 10 W for deposition time differs at 20, 30, and 40 min. Inset shows the enlarged SEM image and AFM results of the large domains region.

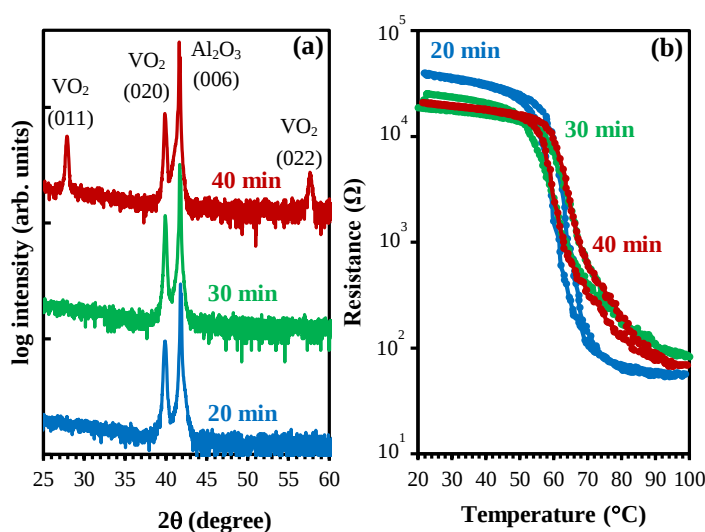


Fig. 2 (a) XRD pattern (b) R-T characteristics of VO_2 films deposited on Al_2O_3 (001) with substrate bias of 10 W for deposition time differs at 20, 30, and 40 min.