

一軸圧縮熱処理による酸化バナジウム高配向薄膜の結晶相制御

Phase tuning of oriented vanadium oxide thin films by uniaxial compression annealing

東工大物質理工¹, 神奈川県産技総研²

○庄司 拓貴¹, 金子 健太¹, 大賀 友瑛¹, 金子 智^{2,1}, 吉本 護¹, 松田 晃史¹

Tokyo Tech¹, KISTEC²

○Hiroki Shoji¹, K. Kaneko¹, T. Oga¹, S. Kaneko^{2,1}, M. Yoshimoto¹, A. Matsuda¹

E-mail: E-mail: shoji.h.ad@m.titech.ac.jp

[はじめに] 酸化バナジウムは $V^{2+} \sim V^{5+}$ までの酸化状態すなわち価数変化を示し、層状構造や構造変化を伴う金属-絶縁体相転移など興味深い構造・物性から、多様なデバイスへの応用が期待されている^[1]。そのデバイス形成においては、高配向薄膜による粒界抵抗の減少、イオンや電子の移動度の増加も報告されている^[2]。酸化バナジウムでは、 V_2O_5 や VO_2 (M1, R)、 V_2O_3 が安定相であるが、 V_nO_{2n-1} で表されるマグネリ相や VO_2 (B) など準安定相も知られている^[3]。これらの高配向薄膜も層内のイオン伝導向上^[4]や、相転移温度とヒステリシスの制御など、応用への寄与が考えられる。一方で、我々はこれまでに、非晶質 V_2O_5 薄膜を一軸圧縮熱処理(UCA)により固相結晶化し、印加圧力に応じた VO_2 、 V_2O_3 エピタキシャル薄膜の相制御について報告してきた^[5]。UCA では、熱処理中における基板面直方位の圧力印加により、面内方向への異方的な拡散が誘起されたと考えられる。本研究では、前駆体薄膜として結晶配向膜を用いた構造・方位関係を継承した新たな相制御を目的として、 V_2O_5 配向膜の UCA による結晶相変化と印加圧力による相制御および物性への影響について検討した。

[実験・結果] 酸化バナジウム前駆体薄膜は、KrF エキシマレーザー (波長 248 nm、パルス幅 20 ns) と V_2O_5 (> 99.9%) 焼結体ターゲットを用いた PLD 法により、原子ステップ α - Al_2O_3 (0001)基板上に成膜した。成膜条件は、基板温度 350°C、酸素圧を 13 Pa、レーザー強度を 2.0 J/cm² とした。次に、得られた結晶性 V_2O_5 薄膜に対して、熱ナノインプリント装置 (SCIVAX X-300) を用いて UCA を行った。Ar パージした ~30 hPa の真空中 (酸素分圧、 $\sim 10^{-2}$ Pa) において薄膜面直に圧力 0–30 MPa を印加して、400°C で 1 h 熱処理を行った。Fig. 1 に成膜直後の薄膜の XRD 測定および RHEED 観察結果を示す。 V_2O_5 (001) に帰属する回折のみが得られた一方で、面内異方性を持たないストリークパターンであったことから、 V_2O_5 (001) // α - Al_2O_3 (0001)一軸配向膜であることが示された。Fig. 2 は UCA 後の薄膜の XRD 結果である。面直圧力 0 Pa (non-load) および 1 MPa では V_6O_{13} (001) と VO_2 (B) の複合酸化物となった一方、10–30 MPa では VO_2 (B) 単相の配向膜が得られた。印加圧力の増大により高密度相・還元相である VO_2 (B) の生成が誘起されたと考えられる。講演では、前駆体薄膜作製・アニール条件の影響および物性についても報告する。

[1] S. Lee et al., *Appl. Phys. Lett.* **105**, 223515 (2014).

[2] S. Kim et al., *Dalton Trans.* **42**, 13112 (2013).

[3] D. Graf et al., *J. Mater. Chem. C.* **29**, 5877–5885 (2017).

[4] S. Lee et al., *Nano Lett.* **4**, 2229–2233 (2017).

[5] A. Matsuda et al., *Appl. Surf. Sci.* **480**, 956–961 (2019).

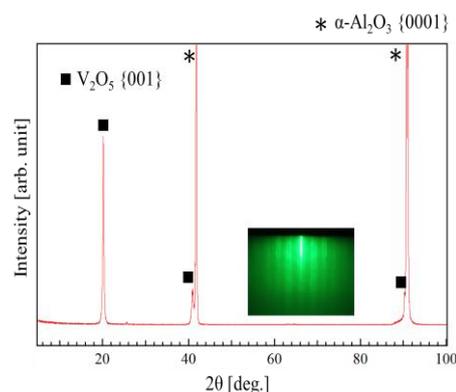


Fig. 1 XRD (2θ/ω) and RHEED patterns of V_2O_5 thin films grown by PLD at 350°C in 13 Pa O_2 .

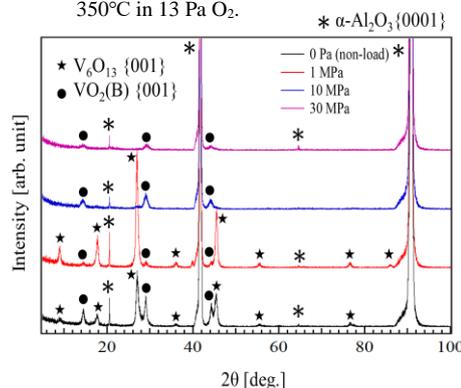


Fig. 2 XRD (2θ/ω) patterns of the vanadium oxide thin films post-annealed at 400°C for 1 h under uniaxial compression of 0–30