TiN(111)配向基板の導入による相転移 VO_2 薄膜の配向成長と粒界拡散効果

Oriented-growth of phase transition VO_2 films and the effect of grain boundary diffusions by introduction of (111)-oriented TiN substrates

東海大院工, °青戸 智寛, 沖村 邦雄

Graduate School of Engineering, Tokai Univ.

°Tomohiro Aoto and Kunio Okimura

7beim001@mail.u-tokai.ac.jp

二酸化バナジウム (VO_2) は, 68℃付近において絶縁体-金属相転移 (Insulator-Metal Transition: IMT) を起こし, 4 ~ 5 桁に亘る抵抗値の変化を示す[1]. また, この相転移が電圧印加によるジュール熱による蓄積によっても発現する[2]. 我々は, 低電圧スイッチングを可能とする導電性 TiN 層上への VO_2 薄膜の多結晶成長について報告した[3]. 本研究では, TiN(111) 配向基板を導入することで VO_2 の b 軸配向成長に成功した一方で, 成膜時の基板加熱による Ti 原子の粒界拡散が促進されたことを確認した.

VO_2 成膜には RF マグネトロンスパッタ法を用いて, RF power: 200 W, Ar 流量: 60 sccm, O_2 流量: 1.0 sccm, 全圧: 0.5 Pa, 成膜時間: 20 min とし, 基板温度 (*Ts*) のみを 250 ~ 350 °C で変化させた. 本研究ではスパッタ法で作製した 2 種類の TiN/Ti/Si 基板を用意し, TiN(111)が一軸配向した基板を Sub-A, TiN がランダム多結晶な基板を Sub-B と呼称する.

Figure 1 に Sub-A と Sub-B 上に *Ts:* 250, 350 °C で堆積した VO_2 薄膜の XRD パターンを示す. Fig. 1 に示したように Sub-B 上に *Ts:* 250 °C で堆積したサンプルでは VO_2 の成長が得られず, *Ts:* 350 °C では VO_2 011 の多結晶成長が得られた. 一方, Sub-A 上に *Ts:* 250, 350 °C で堆積した場合, 基板との格子整合により VO_2 020 の成長が得られた. Fig. 1 挿入図は VO_2 020 の rocking curves であり, Sub-A を導入することで VO_2 の b 軸配向成長に成功した. Fig. 2 に VO_2 薄膜の R-T (Resistance-Temperature) 特性を示す. Sub-A 上に *Ts:* 250 °C で堆積した配向 VO_2 薄膜は, 導電層上の転移特性として優れた 2 桁以上の急峻な抵抗値の変化を示した. しかし, Sub-A 上に *Ts:* 350 °C で堆積した配向 VO_2 薄膜は転移温度のシフト, 抵抗値の緩やかな変化といった転移特性の悪化が確認された. 原因を解明するために *Ts:* 350 °C で作製した積層構造を XPS で測定した Depth profiles を Fig. 3 に示す. Fig. 3 (a) と挿入図 (拡大図) に示すように Sub-A は基板加熱による VO_2 薄膜内への Ti 原子の拡散現象が確認でき, 転移特性の悪化の原因と考えられる. Fig. 3 (b) に示した Sub-B が同じ基板温度で Ti 原子の VO_2 薄膜内への拡散が生じていないことを考慮すると, Sub-A では TiN(111) が一軸配向していることによって粒界拡散が促進されたと考えられる. 上記のように、薄膜基板の配向性を変化させることで VO_2 薄膜の特性に違いが生じた. 本成果は, 今後の基板選択に新たな展開を与えると考える.

[1] F. J. Morin: Phys. Rev. Lett. **3**, 34 (1959). [2] J. Sakai, J. Appl. Phys. **104**, 073703 (2008).
[3] Md. Suruz Mian and K. Okimura, J. Vac. Sci. Technol. A **32**, 041502 (2014).

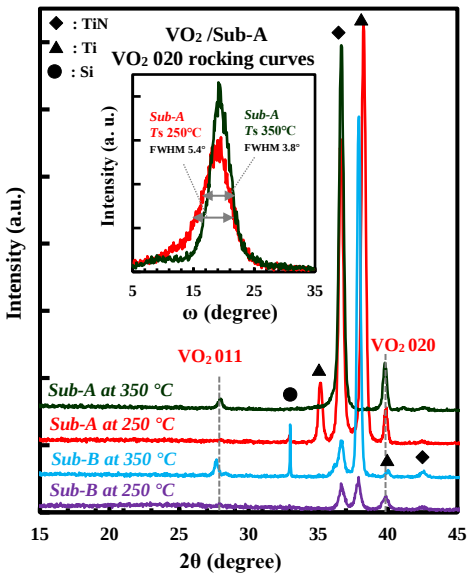

Fig. 1 2 種類の TiN/Ti/Si 基板に堆積させた VO_2 薄膜の XRD パターン (*Ts*: 250 and 350 °C)

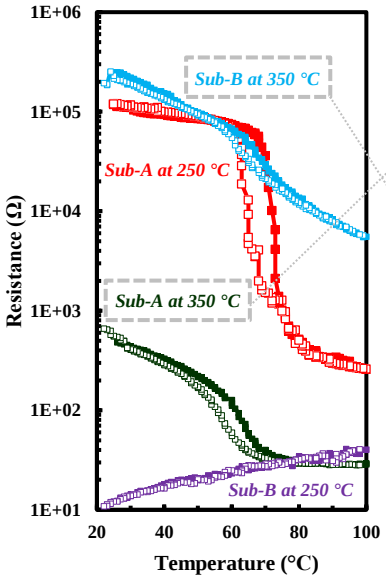

Fig. 2 2 種類の TiN/Ti/Si 基板に堆積させた VO_2 薄膜の R-T 特性 (*Ts*: 250 and 350 °C)

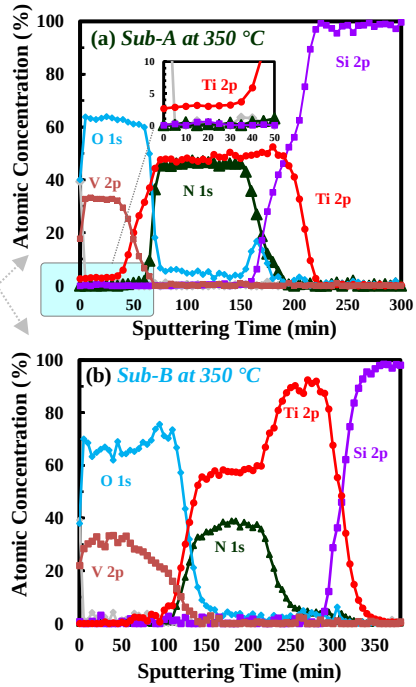

Fig. 3 *Ts*: 350 °C で作製した VO_2/TiN/Ti/Si の Depth profiles (a) VO_2/Sub-A (b) VO_2/Sub-B