

# 高周波基板バイアスパッタ法により転移温度を低下させた ZnO/glass 上 VO<sub>2</sub> 薄膜の光学特性 Optical properties of VO<sub>2</sub> films on ZnO/glass with reduced transition temperature by rf substrate bias sputtering

<sup>1</sup>東海大院工 <sup>2</sup>産総研 \*星野 寛明<sup>1</sup>, 福住 達郎<sup>1</sup>, 佐藤 賢太<sup>1</sup>, 沖村 邦雄<sup>1</sup>, 山口 巖<sup>2</sup>, 土屋 哲男<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Tokai University,

<sup>2</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

°Hiroaki Hoshino<sup>1</sup>, Tatsuro Fukuzumi<sup>1</sup>, Kenta Sato<sup>1</sup>, Kunio Okimura<sup>1</sup>, Iwao Yamaguchi<sup>2</sup>, and Tetsuo Tsuchiya<sup>2</sup>

[hoshino-hiroaki0203@hotmail.com](mailto:hoshino-hiroaki0203@hotmail.com)

二酸化バナジウム(VO<sub>2</sub>)は高温時、V 原子が c 軸上に等間隔に位置する正方晶構造(Tetragonal-Rutile, P4<sub>2</sub>/mnm)を取るのに対し、68°C以下の低温領域において、V 原子が c 軸方向に変位し、ジグザグの V-V ペアを有する単斜晶構造(Monoclinic, P2<sub>1</sub>/c)へと構造相転移を生じる。これにより、V の 3d 軌道における電子間の相関効果が発現し、抵抗値や赤外光領域の光透過率の大きな変化を示す金属-絶縁体相転移が生じる。VO<sub>2</sub>はこの特性を活かし、熱線を自動的に調節するスマートウィンドウなどへの応用が期待されている。しかし、構造相転移温度が 68°Cと比較的高いことが一つの課題となっている。特定の基板の導入や不純物のドーピングによって転移温度を室温付近まで下げることが可能であるが、膜厚や基板の制限、転移特性の悪化が問題となる。我々はこれまで rf 基板バイアスパッタ法を用い、単結晶 c-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板上 VO<sub>2</sub> 薄膜において転移温度をシフトさせた[1]。しかし、単結晶基板は製造コストが高いため、大面積基板が要求されるスマートウィンドウへの応用は難しい。そこで Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と同様な六方晶構造をとる酸化亜鉛(ZnO)に注目した。Kato らは、ZnO をバッファ層として用いることにより、glass 基板上において VO<sub>2</sub> 薄膜が b 軸配向成長することを報告した[2]。我々は前回 VO<sub>2</sub> が b 軸配向成長する ZnO/glass 基板上において rf 基板バイアスパッタ法を用い、VO<sub>2</sub> 薄膜の転移温度の低温化に成功した。今回はスマートウィンドウへの応用を目指し、光学的特性について詳細に検討したので報告する。

V 金属ターゲット(99.9%)を用い、rf 基板バイアス印加反応性スパッタ法 によって、VO<sub>2</sub> 薄膜を ZnO/glass 基板上へ堆積した。基板温度 250°C、ターゲット rf 電力を 200 W と一定とし、酸素流量比を酸素が過剰状態となるように調整した。基板にバイアスを印加するため、50×50 mm<sup>2</sup> の V 金属板をヒータ上に設置し、基板バイアス電力を 0~40 W と変化させた。

基板バイアス電力を 0~40 W の範囲で印加すると、負の自己バイアス電圧の絶対値は 0~280 V であった。Figure 1 (a) に自己バイアス電圧変化時の ZnO/glass 基板上 VO<sub>2</sub> 薄膜の 300~2500 nm における透過スペクトルを示す。基板バイアス電圧 0 V では VO<sub>2</sub> が成長していないため、30, 85°C共に同様の透過特性を示した。自己バイアス電圧 -100~-280 V のサンプルにおいては赤外光領域の透過率は温度上昇時に大きく低下した。Figure 1 (b) に波長 2.5 μm における温度-透過率特性を示す。自己バイアス電圧の増加に伴い転移特性が室温方向へシフトを示した。また、-220 V のサンプルまでは透過率の変化幅が 50%と大きな変化を保って転移温度シフトが実現された。本発表では、ラマン分光測定の結果や分光測定の結果から求めた VO<sub>2</sub> 薄膜のバンドギャップなどの光学特性について述べる。

[1] N. H. Azhan, K. Su, K. Okimura, and J. Sakai, J. Appl. Phys. **117**, 185307 (2015). [2] K. Kato, P. K. Song, H. Odaka, and Y. Shigesato, Jpn. J. Appl. Phys. **42**, 6523 (2003).

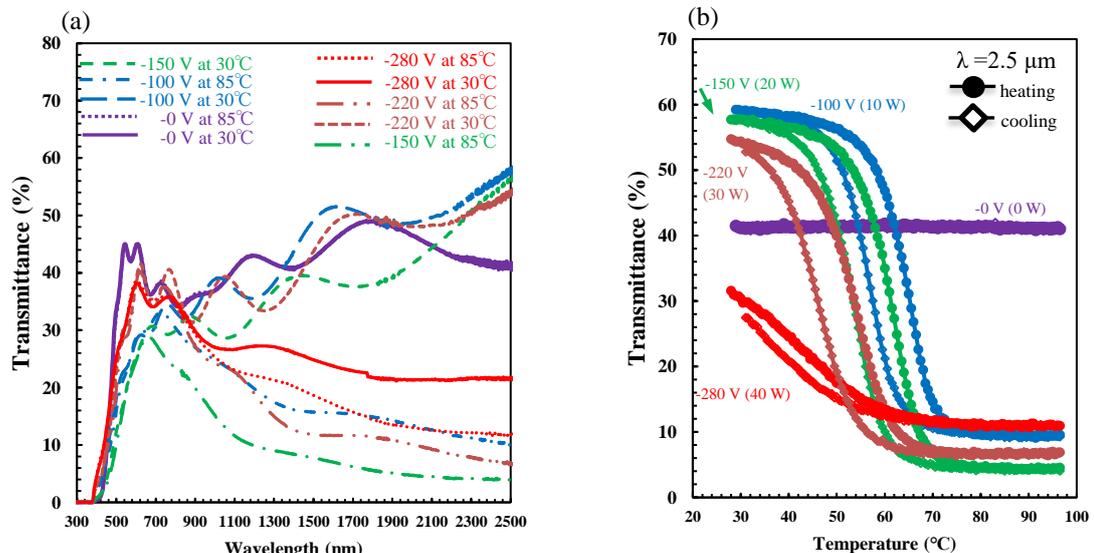


Fig.1 (a) Transmittance spectra of VO<sub>2</sub>/ZnO/glass at 30 and 85°C for wavelength of 300 to 2500 nm, (b) temperature dependence of transmittance at wavelength of 2.5 μm for VO<sub>2</sub> films prepared with self-bias voltage from 0 to -280 V.