

# TiO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>/ZnO ナノロッド/glass 積層構造スマートウィンドウにおける TiO<sub>2</sub> 成膜温度の光学特性への影響

Effect of TiO<sub>2</sub> deposition temperature on the optical properties of

TiO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>/ZnO-nanorods/glass layered structures

<sup>1</sup>東海大院工 <sup>2</sup>東海大工 <sup>3</sup>産総研 ◦陳 飛<sup>1</sup>, 福住 達郎<sup>1</sup>, 沖村 邦雄<sup>2</sup>, 山口 巖<sup>3</sup>, 土屋 哲男<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Engineering, Tokai University, <sup>2</sup>School of Engineering, Tokai University,

<sup>3</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

◦Fei Chen<sup>1</sup>, Tatsuro Fukuzumi<sup>1</sup>, Kunio Okimura<sup>2</sup>, Iwao Yamaguchi<sup>3</sup>, and Tetsuo Tsuchiya<sup>3</sup>

E-mail: cf273126001@gmail.com

【はじめに】温度変化による半導体—金属相転移現象を生じる二酸化バナジウム(VO<sub>2</sub>)を利用したスマートウィンドウは、周囲の温度により自動スイッチングができるため、省エネルギー対策法として注目されている。しかし、VO<sub>2</sub>をスマートウィンドウへ応用する場合、可視光透過率が低いことが実用化に向けて最大の課題となっている。[1] 本研究では VO<sub>2</sub> を用いたスマートウィンドウの可視光透過率を向上させるために二酸化チタン(TiO<sub>2</sub>)反射防止膜を導入した。スパッタリング法を用いて VO<sub>2</sub>/ZnO ナノロッド/glass 積層構造サンプル上に異なる基板温度条件下で TiO<sub>2</sub> を堆積し、サンプルの光学特性への影響を検討した。

【実験方法】初めに CBD 法(Chemical Bath Deposition)を用いて ZnO シード膜(200 nm)付きガラス基板の上に ZnO ナノロッド(ZnO\_NR / 800 nm)を成長させた。次に、反応性マグネトロンスパッタ法により ZnO\_NR 上に VO<sub>2</sub>(300 nm)及び TiO<sub>2</sub>(250 nm)膜を成膜した。TiO<sub>2</sub> 成膜時の基板温度は 100, 150, 200, 250, 300, 350°C の計 6 通りとした。

【結果及び考察】基板温度の異なる TiO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>/ZnO\_NR/glass サンプルの透過率を Fig.1 に示す。150 ~ 350°C の温度範囲内で、TiO<sub>2</sub> の成膜温度の上昇とともに可視光透過率の向上が確認できた。最高温度の 350°C において、可視光透過率は最大 70%であり、TiO<sub>2</sub> 成膜前と比べると 30%の向上が得られた。次に、サンプルの組成を分析するためにラマン分光を行った。測定結果を Fig.2 に示す。成膜温度 100~250°C と 300, 350°C のデータを比較すると 610 cm<sup>-1</sup>にある VO<sub>2</sub> のピークが消えたことに加えて、275 cm<sup>-1</sup>に V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> のピークが確認できた。この結果から、高温条件下で VO<sub>2</sub> は TiO<sub>2</sub> 成膜時に導入した酸素によって酸化され、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> に変化したと考えられる。また、最高温度の 350°C において、905 cm<sup>-1</sup> 付近に Zn<sub>2</sub>V<sub>2</sub>O<sub>7</sub> のピークが確認できた。[2][3] 高温により ZnO が拡散し、VO<sub>2</sub> と ZnO\_NR の界面が乱れて混合層が生じたことが示唆された。以上の結果から TiO<sub>2</sub> 成膜時に 300°C 以上の高温に起因する VO<sub>2</sub> の酸化や混合層の生成が可視光透過率が向上した原因であると推定できる。本発表では温度変化分光測定結果を用いて視感透過率 T<sub>lum</sub> 及び日射透過率 T<sub>sol</sub> を導出し、TiO<sub>2</sub> のコーティングによるサンプルのサーモクロミック特性への影響及びスマートウィンドウへの応用について検討する。

[1] S. Baruah and J. Dutta, Sci. Technol. Adv. Mater. **10** (2009) 013001.

[2] K. Sato *et al.*, Thin Solid Films **651** (2018) 91-96.

[3] P. Schwendt and D. Joniaková, Chem. Zvesti. **29** (1975) 381-386.

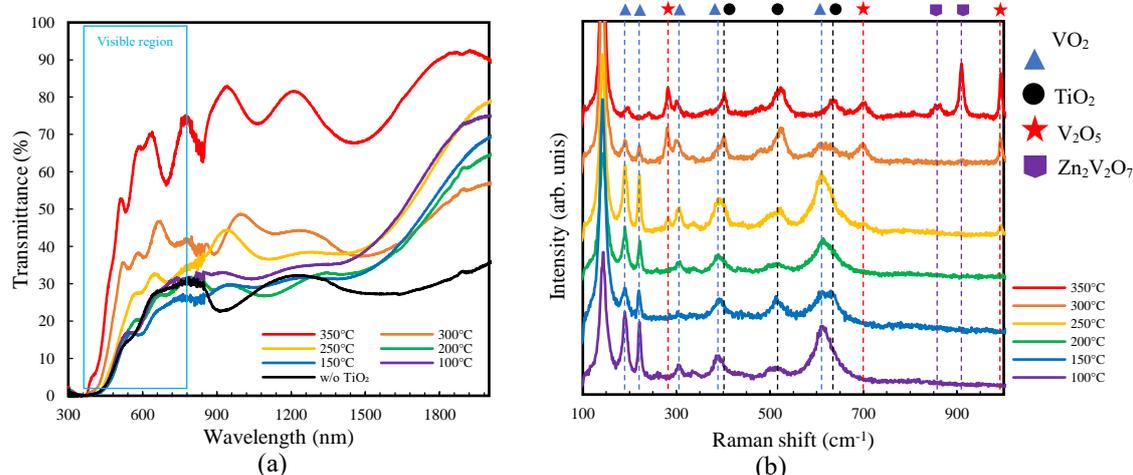


Fig.1 TiO<sub>2</sub> 成膜温度変化 TiO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>/ZnO\_NR/glass サンプルの(a)透過率特性及び(b)ラマン分光の測定結果