

MOD 法によるガラス基板への VO₂ 薄膜成長と特性評価

Characterization of the VO₂ thin films grown on glass substrates by MOD

大工大¹, [○]扶川 泰斗(M1)¹, 豊田 和晃¹, 小山 政俊¹, 廣芝 伸哉¹, 小池 一步¹, 和田 英男¹

Osaka Inst. Tech.¹, Taito Fukawa¹, Kazuaki Toyoda¹, Masatoshi Koyama¹,

Nobuya Hiroshiba¹, Kazuto Koike¹, Hideo Wada¹

E-mail: t.fukawa.ir@gmail.com

二酸化バナジウム (VO₂) は通常 70°C 付近で結晶構造変化を伴う金属絶縁体転移(MIT)を示す。特に、光学的に高温金属相での赤外透過率の顕著な減少を引き起こすため、電氣的駆動力なしに直接的に近赤外線域における調光が可能となる。そのため、環境温度に応じ自律的に入射太陽エネルギー制御が可能なスマートウィンドウとしての応用が期待されている。MOD 法により作製された VO₂ 薄膜は、ナノスケール多孔質モスアイ構造を有することから[1]、その反射低減効果による良好な可視光透過性と近赤外調光性を示す。また、高原子価カチオンである Nb, Ta イオンによる V の置換ドーピングにより、相転移温度の低温化に効果的であることが確認されている[2]。しかしながら、ガラス基板上に成膜した化学量論組成を持つ VO₂ 多結晶薄膜および相転移温度の低温化に関する報告は少なく、建物や車両用窓材の実用化には至っていない。これは、一般的に建物の窓ガラスとしての汎用ガラスが珪酸 (SiO₂)、ソーダ灰(Na₂O)、石灰(CaO) を主成分として生産され融点が低く、VO₂ 薄膜の成膜温度である 500°C 以上になると、わずかな化学量論偏差が発生する。また、ガラス基板から Al, Na または Ca などの膜への拡散があるため、最適組成の VO₂ 多結晶薄膜を作製することが極めて難しいからである。

本研究では、ガラス基板に Hf_{0.5}Zr_{0.5}O₂ (HZO) を形成し Nb 添加 VO₂ 薄膜を成膜して相転移温度の低温化を行った。その結果、HZO バッファ層は、ガラス基板に含まれている Al, Na または Ca の拡散を防ぎ化学量論偏差を縮小するとともに、屈折率差を緩和して反射低減を助長し、可視光透過率と近赤外調光率の向上に寄与することがわかった。Fig.1 に HZO をバッファ層に成膜された Nb 添加 VO₂ 薄膜の添加濃度毎の XRD パターンを示す。0~3 mol% 添加薄膜は全ての薄膜において、VO₂(011)、VO₂(211) が主要ピーク、その他には VO₂(200)、VO₂(21-1)、VO₂(022) および VO₂(013) のピークが検出され、Nb 濃度が増すとともに強度が大きくなった。また、下地の HZO 層に起因するピークも検出された。Fig. 2 は、ガラス基板上および HZO バッファ層に成膜された VO₂ 薄膜の相転移温度前後における波長 50 nm 毎の透過率変化の比較である。HZO バッファ層に成膜された VO₂ 薄膜における可視光透過率ならびに近赤外調光率はガラス基板上の VO₂ 薄膜より向上していることがわかる。

[1] 和田 他, 日本赤外線学会誌 30 (1) (2020) 75. [2] 和田 他, 電気学会論文誌 A 142 (5) (2022) 221.

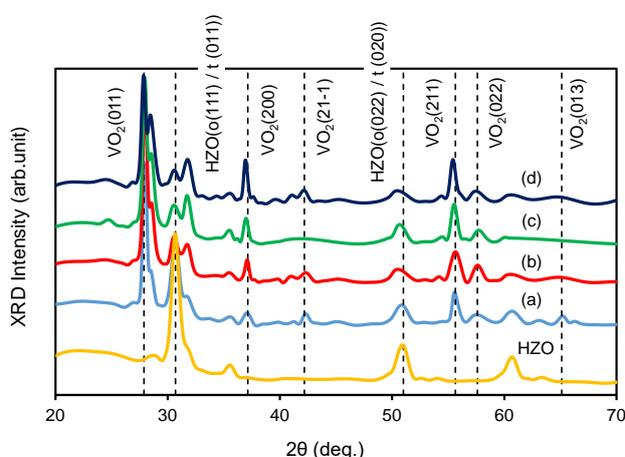


Fig. 1. XRD patterns of Nb doped VO₂ thin films grown on HZO/glass substrates.
(a) 0 mol% (b) 1 mol% (c) 2 mol% (d) 3mol%

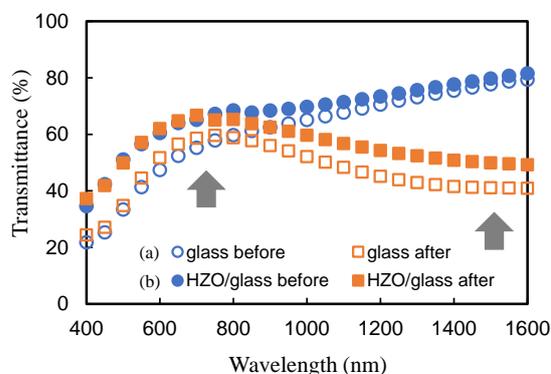


Fig. 2. Transmittance spectra before and after the phase transition of non-doped VO₂ thin films grown on (a) a glass substrate and (b) an HZO/glass substrate.