

ZnO ナノロッド/glass 上への VO₂ 薄膜成長及び光学特性(II)

Growth of VO₂ films on ZnO-nanorod buffered glasses and their optical properties (II)

¹東海大院工 ²東海大工 ³産総研 [○]福住 達郎¹, 伊藤 大樹², 児島 永悟², 陳 飛², 沖村 邦雄² 山口 巖³, 土屋 哲男³

¹Graduate School of Engineering, Tokai University, ²School of Engineering, Tokai University,

³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

[○]Tatsuro Fukuzumi¹, Hiroki Ito², Togo Kojima², Fei Chen² and Kunio Okimura¹, Iwao Yamaguchi³, and Tetsuo Tsuchiya³

araaramaruta@gmail.com

二酸化バナジウム(VO₂)は、68°C 付近で急激な抵抗値の変化を示し、絶縁体的な状態から金属的な状態へと転移を示す化合物である。また、この転移によって赤外光領域の透過率も変化するため、自動的に赤外光透過率を調整するスマートウィンドウへの応用が期待されている。しかし、VO₂をスマートウィンドウへ応用した場合、可視光透過率が低いことが課題となっている。前回、酸化亜鉛ナノロッド(ZnO_NR)上のVO₂はZnO薄膜上より良好な結晶性を有することを報告した。[1]今回、前回用いた水酸化ナトリウム(NaOH)に加えて、有機系ヘキサメチレンテトラミン(HMTA)を用いて形状の異なるNRを作製し、VO₂を成長させた。

実験は、glass基板上にZnO_NR成長を以下の手順で行った。NaOH(1M, 50 mL)+硝酸亜鉛六水和物(Zn(NO₃)₂ · 6H₂O 0.07M, 50mL)またはHMTA((CH₂)₆N₄ 0.025M, 50 ml)+硝酸亜鉛六水和物(0.1M, 50mL)の混合溶液中に、スパッタ成膜したZnOシード層(200 nm)付きglass基板を入れ、90°C温水中で成膜を行った。成膜時間はNaOHを用いた場合は20 min, HMTAを用いた場合は240 minとした。次に、V金属ターゲットを用い、高周波反応性マグネトロンスパッタ法によりVO₂薄膜を堆積させた。この際、250°Cの低温でVO₂成長を実現するため、基板バイアス印加法を用いた。

NaOHとHMTAを用いて作製したNRのSEM像をFig.1に示す。NaOHを用いた場合ZnO_NRの粒径は50 nm程度であるのに対してHMTAを用いた場合の粒径は100~150 nm程度と非常に大きくなっており、有機系材料導入によって径の大きなNR成長ができることがわかった。Table 1にバイアス電圧変化時のVO₂/ZnO_NR(NaOH), VO₂/ZnO_NR(HMTA), VO₂/ZnO(SEED)のXRD測定におけるVO₂(020)に対するロックンカーブ(ω スキャン)半値幅を示す。Table 1の結果より、どの基板バイアス電圧においてもHMTAを用いた場合のVO₂結晶配向性が高いことが確認できる。また、基板バイアスが-154 Vにおいて最も配向性が良好であることから、-154 Vにおいて成膜時間を変化させた光学特性測定用サンプルを作製した。Fig.2に5 min成膜時の温度変化分光透過率測定の結果を示す。この結果よりNR上に成長させた場合のみVO₂特有の赤外光に対するスイッチングが見られ、VO₂結晶が成長していることがわかる。また、HMTAを用いた場合は赤外透過率(@2500 nm)の30°Cと90°Cにおける差異が20%とNaOHを用いた場合に比べより大きいことがわかる。加えて、HMTAを用いた場合の可視光透過率(@600 nm)は90°Cにおいても62%と高い値を維持している。これらの結果から、VO₂成長において、HMTAを用いて作製した直径の大きなZnO_NR上においてVO₂は非常に良好な結晶成長を示し、可視光透過率及び赤外光のスイッチング双方に優れることが示された。

[1] 福住達郎,他: 第79回応用物理学会秋季学術講演会予稿集, 19p-PB1-15 (2018).

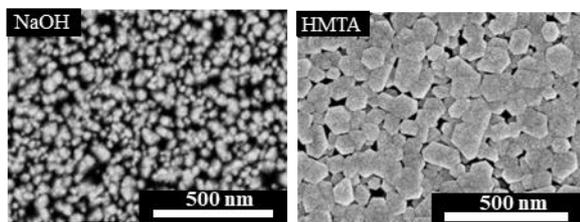


Fig.1 ZnO_NRのSEM画像

(左: NaOHを用いたNR 右: HMTAを用いたNR)

Table 1 VO₂(020)のロックンカーブ半値幅

基板バイアス電圧(V)	NaOH	HMTA	SEED
-174 V	7.33°	5.67°	5.99°
-154 V	5.10°	4.58°	5.18°
-123 V	7.81°	5.20°	-

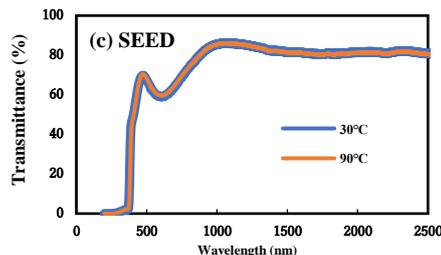
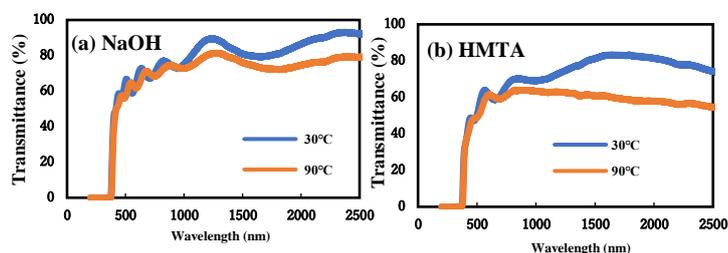


Fig.2 異なる方法で作製したZnO_NR (a),(b)及びZnO_SEED層上(c) VO₂(成膜時間5 min)における温度変化分光透過率