

PLD 法による酸化バナジウム系アモルファス薄膜の作製と熱電特性評価

Fabrication of vanadium oxide-based amorphous thin film by PLD method and thermoelectric characterization

東工大物質理工¹, 神奈川県産技総研²

○(M1)中西 昂¹, 岩佐 健¹, 金子 智^{2,1}, 木村 好里¹, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech. Materials¹, KISTEC²,

°Subaru Nakanishi¹, K. Iwasa¹, S. Kaneko^{2,1}, Y. Kimura¹, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: nakanishi.s.ag@m.titech.ac.jp

【緒言】近年、熱電変換によるエネルギーハーベスティングは自動車や医療デバイス、ウェアラブルデバイス等への応用が期待されている^[1]。汎用されているビスマス・テルル系熱電変換材料は優れた変換性能を有するが、これらの元素はレアメタルであり、毒性も有する^[2]。そのため、代替熱電変換材料としてホイスラー合金、導電性ポリマー、遷移金属酸化物等が非毒性・低コスト化を考慮しつつ研究されている^[3]。これらの材料中で、遷移金属酸化物は熱・化学的安定性を有するため幅広い温度域での利用が期待されている^[4]。また、材料のアモルファス化や重金属元素の添加は熱伝導率を低減し、熱電変換効率向上に貢献することが報告されている^[5,6]。一方で、我々はこれまでに、酸化バナジウム系アモルファス薄膜の半導体的な性質や熱電特性、n型及びp型の伝導制御も報告している^[7]。酸化バナジウム系アモルファス薄膜の熱電変換効率向上及び伝導キャリア制御は、フレキシブル基板上へのデバイス形成等への応用に貢献できる。また、バナジウムは地球上に多く存在する元素であるため^[8]、ビスマス・テルル系熱電材料の代替材料としての応用も期待できる。従って本研究では、熱電変換効率向上を目的として、酸化バナジウム系アモルファス薄膜を作製し、その作製条件及び堆積後の熱処理等による構造ならびに熱電特性への影響を評価した。

【実験と結果】薄膜は組成ずれ低減のためにパルスレーザー堆積 (PLD) 法により作製した。基板には、石英ガラス基板および超平坦サファイア r 面基板^[9]を用いた。 V_2O_5 - Bi_2O_3 - WO_3 混合焼結体ターゲットを KrF エキシマレーザー (波長 248 nm, パルス幅 20 ns) によりアブレーションし、室温 (基板非加熱)、高真空下で V-Bi-W 系酸化物アモルファス薄膜を堆積した。続いて、得られた薄膜を雰囲気制御下において熱処理した。走査型プローブ顕微鏡による表面の観察を行い、X 線回折 (XRD) 装置により構造を評価した。また、熱電特性評価装置を用いて薄膜の 300°C までの温度範囲における熱電特性を評価した。Fig. 1 に高真空雰囲気で作製したサファイア基板上の $90V_2O_5$ - $5Bi_2O_3$ - $5WO_3$ 薄膜の堆積直後及び熱処理を行った試料の XRD の結果を示した。Fig. 1 より、いずれの試料もアモルファスであることが確認された。一方で、Fig. 2 に示した DFM 像より、堆積直後に観察されているステップ&テラス構造は熱処理後に消失し、粒子の形成が観察された。これは熱処理により薄膜を構成する微小粒子が焼結したためであると考えられる。また、熱処理後の試料は比較的高い導電率を示した。当日は薄膜作製条件及びその後の熱処理条件等によるアモルファス薄膜の熱電特性へ及ぼす影響についても報告する。

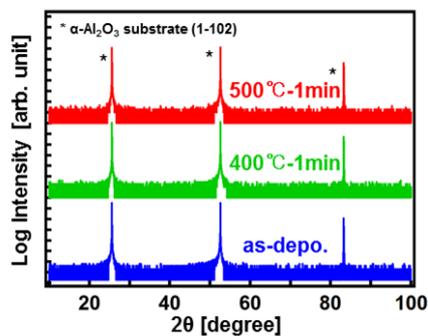


Fig. 1 XRD pattern ($2\theta/\theta$) of PLD-grown $90V_2O_5$ - $5Bi_2O_3$ - $5WO_3$ thin films on r-plane sapphire before and after rapid thermal annealing at 400°C and 500°C for 1min in vacuum

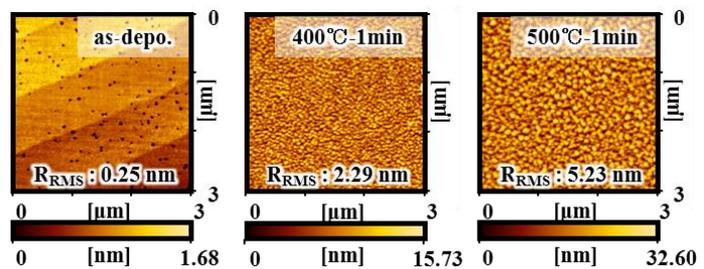


Fig. 2 DFM topographies ($3 \times 3 \mu m^2$) of PLD-grown $90V_2O_5$ - $5Bi_2O_3$ - $5WO_3$ thin films on r-plane sapphire before and after rapid thermal annealing at 400°C and 500°C for 1min in vacuum

[1] O.H. Ando Jr. et al., *Renew. Sustain. Energy Rev.*, **91**, 376 (2018)
 [2] C. Gould et al., *J. Nanoph.*, **2**, 020303 (2008)
 [3] L. Yang et al., *Adv. Energy Mater.*, **8**, 1701797 (2018)
 [4] Y. Liu et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **17**, 11229 (2015)
 [5] C. Liu et al., *J. Mater. Chem. A*, **6**, 11435 (2018)

[6] W. Schweika et al., *Phys. Rev. Lett.*, **99**, 125501 (2007)
 [7] 藤元 勇希 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 8a-PA2-17 (2017)
 [8] R.R. Moskalyk et al., *Min. Eng.*, **16**, 795 (2003)
 [9] M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.*, **71**, 1409 (1997)