

PLD 法による V_2O_5 - Bi_2O_3 - WO_3 系ガラス薄膜の作製と光学・電気特性評価

Fabrication of V_2O_5 - Bi_2O_3 - WO_3 glass thin film by pulsed laser deposition and optical and electrical characterization

藤元 勇希¹, 高野 詩織¹, 金子 智^{2,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹
(東工大物質理工¹, 神奈川県産技セ²)

Y. Fujimoto¹, S. Takano¹, S. Kaneko^{2,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹
(Tokyo Tech.¹, Kanagawa Ind. Tech. Center²)

E-mail: fujimoto.y.af@m.titech.ac.jp

【緒言】 酸化物ガラスは一般に熱伝導率が低く、絶縁体であることが知られている。しかし、酸化バナジウム (V_2O_5) を含むガラスはスモールポーラロンホッピングにより電気伝導性を持つことが知られている^[1]。我々の過去の報告では、 V_2O_5 系結晶化ガラスは半導体や熱電材料として利用できる可能性があることを示唆している^[2]。我々はこれらガラス材料に注目して熱伝導率を低く保ちながら電気伝導性の向上を目指している。また、ガラスを薄膜化することによりバルクでは実現できない非晶質構造や、表面エネルギーが大きく反応性の高い、バルクとは異なる挙動を示す導電性ガラスの作製が期待できる。 V_2O_5 系ガラスに関する研究は多く行われている^[3-5]が、薄膜化および熱電材料への応用の報告は多くない。本研究では、新たな導電性ガラス薄膜の創製を目的として、導電性酸化物ガラス成分として知られる V_2O_5 と WO_3 、および低融点ガラス成分である Bi_2O_3 を含む、 V_2O_5 - Bi_2O_3 - WO_3 系ガラスの薄膜作製条件 (雰囲気、熱処理温度)、組成比による構造の変化および光学・電気特性への影響を評価した。

【実験と結果】 組成ずれを減らすために PLD (パルスレーザー堆積) 法を用いてガラス薄膜を作製した。ガラス薄膜の基板として、表面に原子ステップを有する超平坦サファイア R 面 (1-102) 基板^[6]、および石英ガラス基板を用いた。 V_2O_5 - Bi_2O_3 - WO_3 混合焼結体ターゲットと KrF エキシマレーザー (波長 248 nm、パルス幅 20 ns) を用いた PLD 法により、室温 (基板非加熱)、チャンバー内酸素圧 1×10^{-4} –10 Pa で V_2O_5 - Bi_2O_3 - WO_3 系薄膜を堆積した。続いて物性制御のために、得られた薄膜を 400–1000°C (大気または真空雰囲気) で熱処理した。薄膜は原子間力顕微鏡 (AFM) により表面構造の観察を行い、X 線回折 (XRD) を用いて構造を評価した。また、紫外可視分光法 (UV-Vis) を用いて光学特性も測定した。

図 1 に酸素圧 1×10^{-4} –10 Pa で作製したサファイア基板上 $70V_2O_5$ - $20Bi_2O_3$ - $10WO_3$ 薄膜の熱処理前の X 線回折測定結果を示した。図より、 1×10^{-4} –10 Pa のいずれの酸素圧でも結晶相が析出しなかったことが確認された。一方で、図 2 に示した熱処理前の薄膜の AFM 像より、雰囲気酸素圧により膜の成長モードが変化し、高酸素圧だと島状成長が生じることが観察された。これは高酸素圧ではアブレーションされた膜前駆体のエネルギーが小さく基板上でのマイグレーション距離が短くなるからだと考えられる。当日は雰囲気酸素圧の他に基板材料や薄膜の熱処理条件などによる特性への影響についても報告する。

[1] N. F. Mott, *J. Non. Cryst. Solids*, **1**, 1-17 (1968).

[2] A. Matsuda et al., *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **123** [7], 618-622 (2015).

[3] C. H. Chung et al., *J. Mater. Sci.*, **16**, 422-428 (1981).

[4] T. Nishida et al., *Croat. Chem. Acta*, **88** (4), 427-435 (2015).

[5] H. Visabal et al., *J. Power Sources*, **314**, 85-92 (2016).

[6] M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.*, **67**, 2615 (1995).

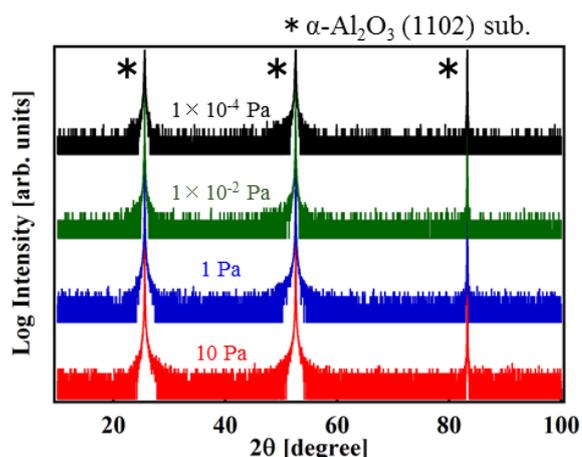


図 1 PLD 法により 1×10^{-4} –10 Pa の酸素中で室温堆積させたサファイア基板上薄膜の XRD パターン。

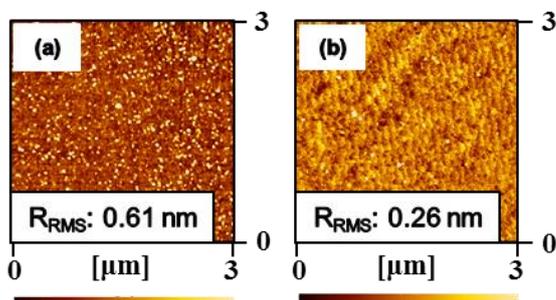


図 2 作製したサファイア基板上薄膜の AFM 像 ($3 \times 3 \mu\text{m}^2$)。それぞれ膜堆積酸素圧 (a) 10 Pa および (b) 1×10^{-4} Pa。