酸化物半導体薄膜の成長および特性に及ぼす ポリマー基板表面における原子レベルパターンの影響

Influence of atomic-scale patterned polymer substrate on thin film growth and property of oxide semiconductor

東工大物質理工 [1]，神奈川県産技総研 [2]

○大賀 友瑛 [1]，岩佐 健 [1]，山田 志織 [1]，金子 智 [2,1]，松田 晃史 [1]，吉本 護 [1]

Tokyo Tech. Materials[1], KISTEC[2]

°T. Oga[1], K. Iwasa[1], S. Yamada[1], S. Kaneko[2,1], A. Matsuda[1], M. Yoshimoto[1]

E-mail: oga.t.ab@m.titech.ac.jp

【はじめに】ポリマー材料たとえばポリメタクリル酸メチル(PMMA)やポリイミドなどは高い可視光透明性や軽量かつ大面積化などの利点から、デバイス基板として酸化物薄膜などと組み合わせたフレキシブルデバイスへの応用が注目されている[1]。たとえば ZnO などの酸化物半導体や透明導電体薄膜の移動度向上にはポリマー上の結晶配向成長、すなわち核形成および成長方位の制御や界面平坦性の改善が重要となる。我々はこれまでに、熱ナノインプリント法によるポリマー基板表面への原子ステップ形状の転写や単結晶基板上の低温薄膜成長などについて報告してきた[2,3]。一方、ポリマーのガラス転移温度以下での薄膜作製には低温成長プロセスが不可欠であり、ポリマー基板表面の原子レベルパターンなどによる酸化物薄膜成長に与える影響に関する知見は、ポリマー基板を用いた将来的なフレキシブルデバイスの発展に貢献する。本研究では、可視光透明性ポリマー基板上における高配向酸化物半導体・透明導電体薄膜の低温合成を目的として、ポリマー表面の原子レベルパターンが酸化物薄膜の成長と特性に及ぼす影響について検討した。

【実験と結果】まず、原子レベルステップを有する超平坦 PMMA 基板は、高さ約 0.3 nm の原子ステップを有する R 面サファイアをモールドとした熱ナノインプリント法 (真空中、2.0 MPa、120℃、5 分)により作製した[4]。次に、得られたステップ PMMA 基板上に、KrF エキシマレーザー(λ=248 nm、パルス幅 20 ns)、たとえば ZnO の焼結体ターゲット用いたパルスレーザー堆積 (PLD)法により、希薄 O_2 (1.0×10^{-3} Pa)中、室温(~20ºC、基板非加熱)で作製した。Fig. 1 に、(a) 約 0.3 nm 高さのステップ PMMA 基板、(b) ステップ PMMA 基板上に堆積した ZnO 薄膜の表面 AFM 像を示す。ステップ PMMA 基板上 ZnO 薄膜は基板ステップ形状を反映し、RMS 粗さも未処理基板に対し 1.31 nm から 0.57 nm に低減して平坦性が改善した。また、Fig. 2 に示した X 線回折の結果から、いずれの基板上においても 0 0 2 回折が見られ c 軸配向成長が確認された一方、ステップ PMMA 基板上の ZnO 薄膜では、未処理 PMMA 基板上に対して FWMH の減少と積分強度の増大が見られ、結晶化度と結晶性の改善が示唆された。基板の表面粗さの低減およびステップ形状の付与により、初期結晶核の形成および結晶成長における優先方位が制御されたため結晶性が向上したと考えられる。得られた配向薄膜の特性や、ステップ形状と異なるサブナノスケールの自己組織化テンプレートによる形状転写の効果に関する検討結果も報告する。

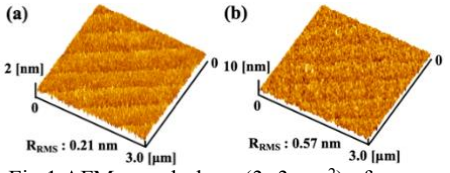

Fig.1 AFM morphology (3×3 μm^2) of (a) stepped PMMA sheets and (b) ZnO (~25 nm) thin film on stepped PMMA sheets.

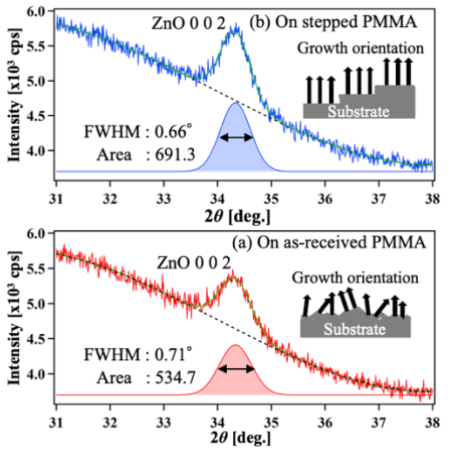

Fig.2 XRD 2θ/θ profiles (x5 integrated) of ZnO thin film grown on (a) as-received and (b) stepped PMMA sheets by PLD at room temperature. Inset shows growth orientation modification by substrate pattern.

[1] E. Fortunato et al., Surface and Coatings Technology 151-152 (2002) 247-251.
[2] G. Tan et al., Nanotechnology **27** (2016) 295603.
[3] M. Yoshimoto et al., J. Ceram. Soc. Japan, Vol.121 (2013) pp1-9.
[4] G. Tan et al., Polymer Journal Vol.48 (2016) 225-227.

© 2019年 応用物理学会