

COP 基板におけるリピート熱ナノインプリントによる表面平坦化と 導電性酸化物薄膜の堆積

Surface flattening of COP substrate by repeat thermal nanoimprint
for growth of conductive oxide thin films

東工大物質理工¹, 神奈川県産技総研²

○(M2)大賀 友瑛¹, 大島 淳史¹, 金子 奈帆¹, 金子 智^{2,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech¹, KISTEC²

○Tomoaki Oga¹, A. Oshima¹, N. Kaneko¹, S. Kaneko^{2,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

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

【はじめに】シクロオレフィンポリマー(COP)は、高透明かつ耐熱性と低吸湿性を有し、オプトエレクトロニクスでの利用や^[1]、また導電性酸化物薄膜と組み合わせたフレキシブルデバイスへの応用が研究されている^[2]。こうしたデバイス薄膜の物性制御では結晶配向成長も重要な因子であり、非晶質基板表面への周期的パターン形成による成長異方性の研究も報告されている^[3]。我々はこれまでに、高さ約 0.3 nm の原子ステップを有する酸化物単結晶をモールドとして用いた、ポリマーや酸化物ガラス表面への原子スケールパターン転写と、これらを基板とする酸化物薄膜の結晶配向成長について報告してきた^[4,5]。一方、さらなる薄膜の配向度改善にはポリマー表面の平坦性向上やパターンの微細化が重要であり、これらが薄膜成長に与える影響に関する知見は、フレキシブル基板を用いたデバイス形成に貢献する。本研究では、超平坦ポリマー基板上的高結晶配向膜の合成を目的として、超平坦ポリマー基板表面への繰り返し(リピート)熱ナノインプリントによる原子レベルパターン形成と平坦性向上および導電性酸化物薄膜成長への効果を検討した。

【実験・結果】本研究では COP($T_g = 163^\circ\text{C}$)シートに対し、高さ約 0.3 nm の原子ステップ構造をもつ $\text{CaF}_2(111)$ のへき開面(Fig. 1)をモールドとして、Ar 置換真空中(10^3 Pa)、2.0 MPa、 180°C 、5 min の熱ナノインプリントを行った。次に、導電性酸化物薄膜として ZnO 薄膜を KrF エキシマレーザー($\lambda = 248$ nm、パルス幅 20 ns)を用いたパルスレーザー堆積法により、希薄 O_2 (1.0×10^{-3} Pa)中、室温で堆積した。COP 基板表面へのパターン転写では、1 回目の熱ナノインプリントにより(Fig. 2 (a))モールドの高さ約 0.3 nm の原子レベルステップパターンの転写がみられた一方、直径約 60 nm の凹部も観察された。次に同条件で、5 回のリピート熱ナノインプリントを行なった結果(Fig. 2 (b))、凹部直径が約 40 nm へ収縮し、密度も 1/5 へ減少した、より明瞭なステップパターンが得られた。Fig. 3 は(a)1 回、(b)5 回のリピート熱ナノインプリントを行った COP 基板上に堆積した ZnO 薄膜の AFM 像である。いずれの基板上においても ZnO 薄膜は未処理基板上に対して平坦表面を示した一方、5 回リピートした基板上では RMS 粗さが 0.25 nm に低減し、より平坦性が向上した。講演では、平坦性向上が堆積酸化物薄膜の結晶成長に及ぼす影響についても報告する。

[1] M. Yamazaki, J. Mol. Catal. Chem., **213**, 81 (2004),

[2] A. Miyake et al., Thin Solid Films **517**, 1037 (2008), [3] S. Ikeda et al., J. Appl. Phys. **103**, 084313 (2008),

[4] Y. Akita et al., Appl. Phys. Exp. **4**, 035201 (2011), [5] G. Tan et al., Nanotechnology **27**, 295603 (2016).

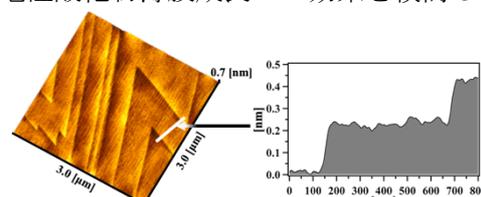


Fig. 1 AFM image and cross sectional profile of a cleaved $\text{CaF}_2(111)$ mold.

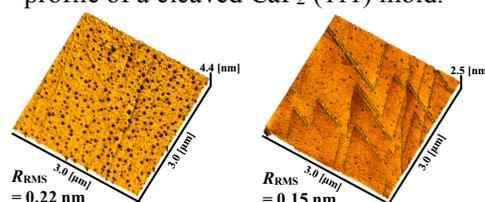


Fig. 2 AFM images of the COP sheets nanoimprinted (a) once, and (b) 5 times repeatedly.

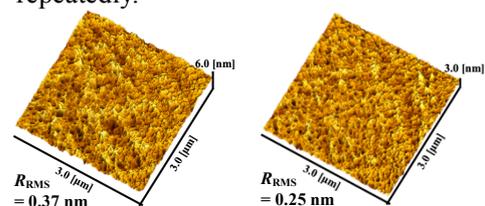


Fig. 3 AFM images of PLD grown ZnO thin films ($t \approx 30$ nm) on the COP sheets nanoimprinted (a) once, and (b) 5 times repeatedly.