

ポリマー表面への単原子ステップナノインプリント転写に与える 加熱・加圧条件およびモールドの原子ステップ形状の影響

Influence of heat and pressure conditions and atomically stepped mold patterns
on the nanoimprint transcription of atomic step patterns onto polymer surfaces

○譚 ゴオン¹, 嶋田 航大¹, 野沢 靖久¹, 小山 浩司², 金子 智^{3,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護^{1*}

(1. 東工大総理工、2. (株)並木精密宝石、3. 神奈川県産技セ)

°G. Tan¹, K. Shimada¹, Y. Nozawa¹, K. Koyama², S. Kaneko^{3,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto^{1*}

(1.Tokyo Inst. of Tech, 2.Namiki Inc., 3.Kanagawa Ind. Tech. Cent.) *yoshimoto.m.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】熱ナノインプリント法による形状転写において、その解像度は基本的にモールドのパターンサイズによって規定されるため、1 nm をきる原子スケールでの微細化の可能性を秘めおり、高解像度化に関わる研究が盛んである。我々はこれまでに、自己組織的に形成される直線状原子ステップ形状をもつサファイア ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 単結晶) ウエハー[1]をモールドとし、ポリメチルメタクリレート (PMMA) 基板上に約 800 nm 間隔で、段差が約 0.3 nm の周期的なステップパターンの転写を報告した[2]。一方で、より狭いステップ間隔約 100 nm を持つモールドを用いた場合、同条件では明瞭な転写が得られず、原子スケール形状転写に大きく影響するパラメータや、メカニズムの解明が必要である。本研究では、モールドのステップ間隔および加熱、加圧条件やプロセスシーケンスと、ナノインプリント後におけるポリマー表面の平坦性や原子ステップ形状再現性との相関について検討を行った。

【実験・結果】鏡面研磨サファイアウエハーを大気中で 1000°C、3 h 熱処理し、間隔が約 100 nm で段差が約 0.3nm の原子ステップを持つサファイアモールドを作製した。この熱・化学的に安定なモールドを用いて PMMA 基板 ($T_g = 105^\circ\text{C}$) に対し、大気中で熱ナノインプリントを行った。Fig. 1 にナノインプリント実験の概略図を示しており、上下ステージは個別に温度制御が可能である。Fig. 2(a)に、上下両ステージ 110°C、荷重 2 MPa、保持時間 5 分の条件でナノインプリントした後の AFM (原子間力顕微鏡) 形状像を示す。PMMA の表面は荒く、ステップ形状の転写が確認できなかった。次に、上ステージ (PMMA 側) 非加熱 ($\sim 30^\circ\text{C}$) で、下ステージ (モールド側) のみ 110°C に加熱し、荷重 2 MPa、保持時間 5 分の条件で行ったときの AFM 形状像を Fig. 2(b)に示す。PMMA 表面に、モールドに対応した平坦さ、およびステップの段差が観察された。これらの結果から、ナノインプリント中に PMMA 側も加熱した前者では、ポリマー全体が膨張し冷却時により大きな収縮が起き、基板とモールド界面との摩擦等によりパターンの崩壊・表面荒れを引き起こした可能性が示唆された。一方、後者ではモールドの界面付近のみが T_g 以上に加熱されたことにより、巨視的な変形が抑制されたと考えられる。

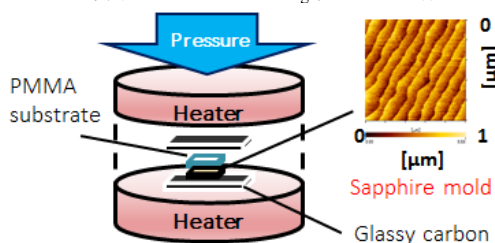


Fig. 1 Schematic diagram of experimental set up and an AFM image of sapphire mold.

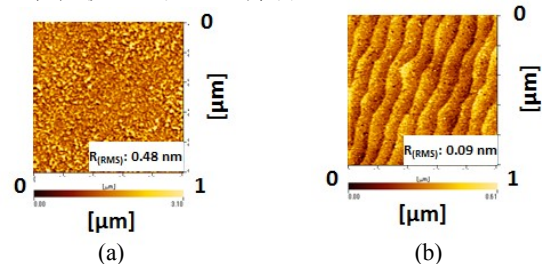


Fig. 2 AFM images of PMMA surface imprinted at 110°C in case of (a) the both stages, and (b) only the bottom stage heated.

[1] M. Yoshimoto et al, Appl. Phys. Lett. **67**, (1995) 2615. [2] G. Tan et al., Appl. Phys. Express **7**, (2014) 055202.