

熱ナノインプリントによる PLA シート表面のナノ周期パターン形成

Nano-Periodic Pattern Formation on polylactic acid sheets by thermal nanoimprinting

東工大 物質理工¹, KISTEC² ○梅本 琉花¹, 北村 裕大¹, 金子 智^{2,1}, 吉本 護¹, 松田 晃史¹

Tokyo Tech¹, KISTEC², °Ryuka Umemoto¹, Y. Kitamura¹, S. Kaneko^{2,1}, M. Yoshimoto¹, A. Matsuda¹

E-mail: umemoto.r.aa@m.titech.ac.jp

【緒言】 ポリ乳酸 (PLA; polylactic acid) はバイオマス合成可能であり、かつ加水分解・酵素分解による生分解性を示す、生体適合性のポリマーである。PLA は近年、包装材や医療インプラント、フレキシブル・ウェアラブルデバイスなどへの応用拡大が進んでいる^{[1][2]}。そのような電子、医療デバイス応用にむけて PLA の表面は、親水性制御など化学修飾に加え、マイクロパターンニングも多く研究されてきた。より微細かつ高精度なナノスケール周期パターンニングを得ることにより、それらデバイスの性能向上や、分解過程の詳細観察なども期待できる。一方で我々は、熱ナノインプリント法により、これまでポリイミド (PI) やシクロオレフィンポリマー (COP) など熱可塑性ポリマーの表面に、原子ステップ転写 (高さ ~ 0.3 nm) や、それらを用いた薄膜成長制御を報告してきた^{[3][4]}。また、PLA においても同様のステップ形状転写による超平坦化を見出し、モールド形状や転写条件探索によるナノパターン高さと周期の制御の知見はその応用展開に貢献する。本研究では、バイオマス・生分解性ポリマーのナノデバイス基板や分解挙動の解明をめざしたナノスケール表面形状制御を目的として、熱ナノインプリントによる PLA 表面の一次元ナノ周期形状転写、およびその熱的・化学的安定性について検討した。

【実験と結果】 本研究では、厚さ $t \sim 150$ μm 、ガラス転移温度 $T_g \sim 60^\circ\text{C}$ の PLA フィルム (大同至高 (株)、SBK-CW-N) を用いた。まず、PLA 表面の超平坦化を、原子ステップ (高さ ~ 0.3 nm) サファイアモールド^[5]を用いた熱ナノインプリント (0.2 MPa, 80°C , 5 min) により行った。次に、PI ナノウォールモールド (ECRIOS® VICT-Bnp, $T_g = 265^\circ\text{C}$) を、ナノ溝マスターモールド (溝深さ ~ 4 –10 nm、周期 ~ 100 nm)^[6]を用いて同様に作製した (6 MPa, 280°C , 5 min)。続いて、PLA フィルムへのナノ周期パターン転写を、PI モールドを用いた熱ナノインプリント (2 MPa, 80°C , 5 min) により実施した。Fig.1 は PLA フィルムおよび PI モールドの表面 AFM 観察像である。Fig.1(a)の未処理 PLA フィルムは特徴的な形状をもたず、比較的大きい RMS 粗さ ~ 2.7 nm を示した。Fig.1(b)の PI ナノウォールモールド (高さ ~ 4 nm、周期 ~ 100 nm) を用いた超平坦 PLA フィルム表面へのナノインプリントの結果が Fig.1(c)であり、高さ ~ 3 nm、周期 ~ 100 nm とシングルナノ高さをもつ一次元ナノ周期パターンが精度良く転写され、RMS 粗さも ~ 0.7 nm と低減した。講演では PLA 表面の超平坦化やパターン制御、熱的・化学的安定性についても示す。

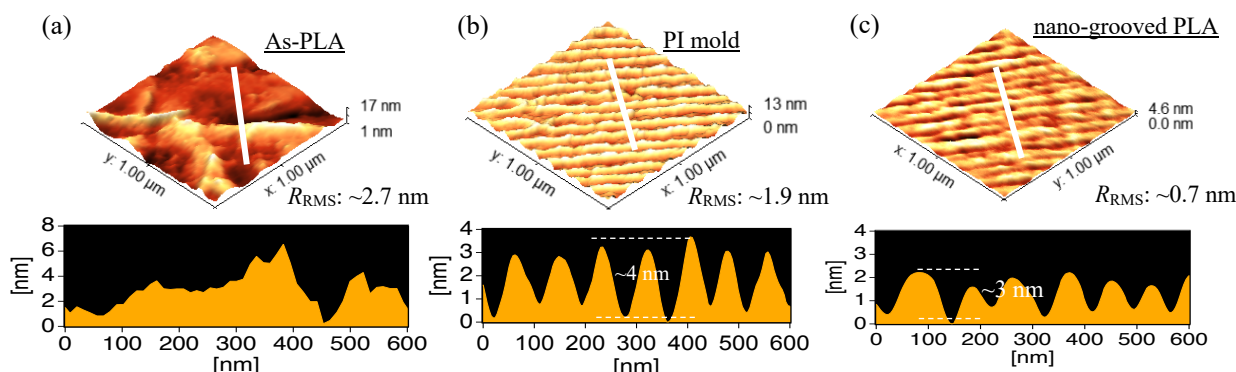


Fig.1 AFM surface images ($1 \times 1 \mu\text{m}^2$) and cross-sectional profiles of (a) as-received PLA films, (b) the PI nanowall mold, and (c) PLA films after thermal nanoimprint at 2 MPa and 80°C for 5 min.

- [1] D. Valerini et al., *Thin Solid Films* **645**, 187–192 (2018). [4] T. Oga et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **59**, 128001 (2020).
 [2] Y. Guo et al., *Nano Lett.* **2019**, **19**, 1143–1150 (2019). [5] M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.* **67**, 2615–2617 (1995).
 [3] G. Tan et al., *Nanotechnology* **27**, 295603 (2016). [6] R. Yamauchi et al., *Sci. Rep.* **5**, 14385 (2015).