熱ナノインプリントによるポリ乳酸シート表面の原子ステップ平坦化

Transcription of atomic-steps on polylactic acid sheets by thermal nanoimprinting 東工大 物質理工¹, 神奈川産技総研² ⁰梅本 琉花¹, 前田 優斗¹, 大賀 友瑛¹, 金子 智^{2,1}, 吉本 護¹, 松田 晃史¹ Tokyo Tech¹, KISTEC², ^oRyuka Umemoto¹, Yuto Maeda¹, Tomoaki Oga¹, Satoru Kaneko^{2,1}, Mamoru Yoshimoto¹, Akifumi Matsuda¹

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

【緒言】ポリ乳酸(PLA; polylactic acid)は、土壌中などにおいて、加水分解/酵素分解による生分解性を示す ほか、バイオマス合成可能であり乳酸がとト体内でも合成される点からも高い生体適合性を持つポリマーである。 そのため PLA は近年、包装フィルムやフレキシブル・ウェアラブルデバイスなどにも産業応用されてきた^[1,2]。 また、延伸 PLA シートの面内応力に対して示す圧電性を利用した研究もなされている^[3]。PLA はこれら応用や 分解過程の観察など、表面親水性の制御やバイオ医療応用に向けてマイクロスケールにおけるパターニング が研究されてきた。たとえば PLA ではシンプルな工程により大面積に形状転写可能である熱ナノインプリント 法を用いたピラー状・ハニカム状の構造が報告されている。一方、圧電性を用いた薄膜デバイス応用における 薄膜結晶成長制御や、分解初期過程の解明には、さらに微細なナノ・原子スケールの形状制御や超平坦化が 重要となる。これに対して我々は、これまでポリイミドやシクロオレフィンポリマーなど熱可塑性ポリマー表面の、 熱ナノインプリント法による原子ステップ形状転写(高さ~0.3 nm)と超平坦化について報告してきた^[4,5]。本研究 では、生分解性バイオマスポリマーである PLA の表面形状制御によるバイオ医療デバイス応用や PLA 分解 挙動の解明を目的として、熱ナノインプリント法による PLA 基板表面への原子ステップ形状転写を検討した。

【実験と結果】本研究では熱可塑性ポリマーとして、PLA シート(大同至高(株)、SBK-CW-N、た150 µm)を 用いた。また、熱ナノインプリントのモールドとして熱・化学的に安定なr面サファイア(単結晶 α-Al₂O₃)ウェハ を用いた^[6]。Fig.1 は大気中・1000℃で熱処理し、表面に高さ~0.3 nm・テラス幅~600 nm の原子ステップを形成 したモールドの表面 AFM 観察像と断面高さプロファイルである。熱ナノインプリントは、エタノール溶液中にて 1 min 超音波処理した PLA シートに対して、真空中において 2 MPa、80℃、5min の条件で行った。このナノ インプリント工程は新たな原子ステップr面サファイアモールドを用いて 2 回繰り返し行った。Fig.2 は(a) 1 回 目、および(b) 2 回目の熱ナノインプリント後の PLA シートの表面 AFM 観察像と断面高さプロファイルである。 1 回目のインプリント後では、サファイアモールドに対応した高さ~0.3 nm のステップ形状がみられたが、テラス 上において残留粗さがあった。さらに、2 回目のナノインプリント後においては、(a) パターンが上書きされ、より 平坦かつ明瞭なステップが得られた。RMS 粗さも未処理 PLA シートの~2 nm に対して、1 回目では 0.33 nm、 2 回目では 0.24 nm とインプリントに伴い低減された。講演では、PLA の前処理による原子ステップ形状への 影響や圧力・保持時間などインプリント条件検討やインプリントされたステップの安定性についても発表する。



Fig.1 AFM image $(3\times3 \ \mu\text{m})$ and height Fig.2 AFM images $(3\times3 \ \mu\text{m})$ and height profiles of the PLA sheet after (a) the first, and (b) the second nanoimprint procedures.

[1] D. Valerini et al., Thin Solid Films 645, 187-192 (2018),

[3] M. Ando et al., Jpn. J. Appl. Phys. 52, 09KD17 (2013),

[5] T. Oga et al., Jpn. J. Appl. Phys. 59, 128001 (2020),

[2] Y. Guo et al., *Nano Lett.* 2019, 19, 1143-1150(2019),
[4] G. Tan et al., *Nanotechnology* 27, 295603 (2016),
[6] M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.* 67, 2615–2617 (1995).