

0.3 nm 高さの直線状原子ステップを有する PMMA 及びポリイミドシートにおける 光化学反応および成膜による表面特性の制御

Control of surface characteristics by photo chemical reaction and film deposition

on 0.3 nm high-linear atomic stepped PMMA and polyimide sheets

(東工大物質理工¹, 神奈川産技総研²) ◯山田 志織¹, 岩佐 健¹, 大賀 友彦¹, 金子 智², 松田 晃史¹, 吉本 護¹
(Tokyo Tech.¹, KISTEC²) ◯S. Yamada¹, K. Iwasa¹, T. Oga¹, S. Kaneko², A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: yamada.s.as@m.titech.ac.jp

【緒言】ポリマー基板は、軽量、フレキシブルなどの特徴を持ち、成型加工性に優れていることから、薄膜トランジスタや有機薄膜太陽電池などの電子デバイスの分野への応用で注目されている。特に、ポリマー基板表面の微細加工技術は、濡れ性など表面物性や薄膜における分子配向性など、表面機能発現と制御への貢献が期待できる。我々のグループではこれまで、微細加工の1つである熱ナノインプリント法により、高さ約0.3 nmの原子ステップ形状を酸化ガラスや熱可塑性ポリマー表面に転写することに成功している^[1-4]。また、このポリマー原子ステップ形状に対する熱の影響については、ガラス転移温度以上でも形状を保持することを報告した^[5]。一方で、低温におけるポリマーの表面プロセスとして、エキシマランプを用いた高エネルギーの深紫外光照射によって、光化学反応やオゾンによる酸化反応が誘起されることも報告されている^[6]。エキシマ光照射が、原子レベルのステップ形状変化や分子の吸着性などに与える影響について検討することは、そのポリマー基板をナノ電子デバイスへ応用する上で重要である。本研究では、ポリマー表面の原子レベル形状加工を経た薄膜成長制御とナノデバイスの特性制御を目的として、PMMA アクリルポリマーやポリイミド基板に対するエキシマ光照射によるシングルナノ・原子レベル形状変化や機能性薄膜ナノ材料堆積に与える影響について検討した。

【実験・結果】熱ナノインプリント法により、超平坦原子ステップPMMA基板 ($T_g=105^\circ\text{C}$) を作製した。原子ステップ (高さ ~ 0.3 nm、間隔 ~ 500 nm) サファイアR面ウェハをモールドとし、真空中でモールド側ステージのみ 120°C に加熱し、2.0 MPaの圧力で5分間保持して形状を転写した。

Fig. 1にナノインプリント直後のAFM (原子間力顕微鏡) 像と断面プロファイルを示す。PMMA 表面に、モールドに対応したテラス幅とステップ高さが観察された。続いて、この原子ステップPMMA基板に対し、エキシマ光 (波長172 nm、ランプ表面 65 mJ/cm²) を大気中、照射距離2 mmで2-6秒照射した。Fig. 2にエキシマ光照射後のAFM像と断面プロファイルを示す。光照射前のPMMA表面の原子ステップの高さは ~ 0.3 nmであったのに対して、6 secの照射後のステップ高さが ~ 0.2 nmに減少し、照射時間を長くするにつれて表面は平坦化した。これは、ステップ最表面の光化学反応によるエッチングや、真空紫外光による分子構造の変化に関連していると考えられる^[6,7]。また、当日はポリイミド基板の結果や種々の機能性薄膜堆積による特性変化についても報告する。

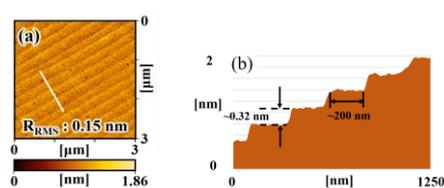


Fig. 1 (a) AFM image ($3 \times 3 \mu\text{m}$) and (b) cross-sectional profile of the PMMA surface after thermal nanoimprinting.

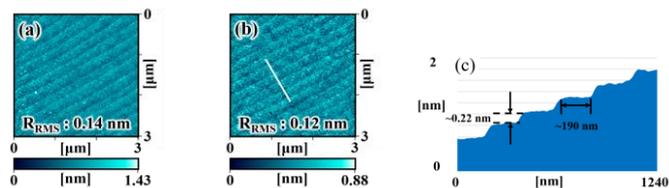


Fig. 2 AFM images ($3 \times 3 \mu\text{m}$) (a) after 2 sec, (b) after 6 sec and (c) cross-sectional profile of the PMMA surface after VUV irradiation with excimer lamp ($\lambda=172$ nm, 65 mJ/cm², in air).

[1] M. Yoshimoto, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **67** (1995) 2615. [2] Y. Akita, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **46** (2007) L342.

[3] G. Tan, *et al.*, *Appl. Phys. Express.*, **7** (2014) 055202. [4] G. Tan, *et al.*, *Nanotech.*, **27** (2016) 295603.

[5] G. Tan, *et al.*, *Polymer Journal.*, **48** (2016) 225-227. [6] A. Hozumi, *et al.*, *Langmuir.*, **18** (2002) 9022-9027.

[7] Jun-Ying Zhang, *et al.*, *J. Adhesion Sci. and Technol.*, **8** (1994) 1179-1210.