

## 熱ナノインプリント法による非晶質材料表面へのシングルナノパターン転写 Single-nano patterning on surfaces of glassy materials by thermal nanoimprint

(東工大<sup>1</sup>, (株)協同インタ-ナショナル<sup>2</sup>, 神奈川県産技セ<sup>3</sup>)

○船迫 友之<sup>1</sup>, 野沢 靖久<sup>1</sup>, 譚 ゴオン<sup>1</sup>, 三田 正弘<sup>2</sup>, 金子 智<sup>1,3</sup>, 松田 晃史<sup>1</sup>, 吉本 護<sup>1</sup>  
(Tokyo Inst. of Tech.<sup>1</sup>, Kyodo Int'l Inc.<sup>2</sup>, Kanagawa Ind. Tech. Cent.<sup>3</sup>)

○T. Funabasama<sup>1</sup>, Y. Nozawa<sup>1</sup>, G. Tan<sup>1</sup>, M. Mita<sup>2</sup>, S. Kaneko<sup>1,3</sup>, A. Matsuda<sup>1</sup>, M. Yoshimoto<sup>1</sup>

E-mail: yoshimoto.m.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】 ガラスやポリマー等の秩序構造を持たない非晶質材料の表面に周期的なナノパターンを形成する事で、化学状態の変化や形状に起因する表面機能を付与する事が期待されている<sup>[1]</sup>。我々はこれまでに原子ステップを持つサファイア<sup>[2]</sup>をモールドとした熱ナノインプリント法により、ソーダライムガラスやポリマーの非晶質材料表面に高さ 0.2 nm、間隔~100 nm の周期パターンを転写しており<sup>[3]</sup>、このパターンガラス(原子ステップガラス)基板上に結晶成長させた ITO 薄膜の配向性向上についても報告してきた<sup>[4]</sup>。一方で、2次元的にサブ nm レベルのパターンモールドは従来のリソグラフィ技術では作製困難であり、これをモールドとして用いた形状転写や表面物性の変化に関する研究報告はほとんどない。本研究では、原子レベルの2次元秩序構造を持つ結晶へき開面モールドを熱ナノインプリントに用いて、非晶質材料表面への 1nm 程度のシングルナノスケールでの2次元周期的パターンの転写について検討した。

【実験・結果】 熱ナノインプリントは真空中において行い、モールドとして図 1a に原子間力顕微鏡(AFM)像を示す合成マイカ(muscovite)を、基板として上述の原子ステップガラス( $T_g = 521^\circ\text{C}$ )および PMMA アクリルシート( $T_g = 105^\circ\text{C}$ )を用いた。図 1b の原子ステップガラス上に  $540^\circ\text{C}$ 、3MPa で 5 分間加圧し、 $450^\circ\text{C}$  で除荷した結果、表面粗さに大きな変化は見られなかった(図 1c)。より微細な領域( $3 \times 3 \text{ nm}$ )における観察像のフーリエ変換像(図 1d 挿入図)では、特異な対称性が見られており、FFT 処理によって図 1d のように格子状の原子スケール周期パターンが得られた。この結果より、酸化物ガラス表面における二次元原子スケールパターンニング転写の可能性が示唆された。一方で、図 1e に示す PMMA( $T_g = 105^\circ\text{C}$ )を基板として  $100^\circ\text{C}$ 、0.2MPa で 2 時間加圧し、 $30^\circ\text{C}$  まで冷却して除荷した後の AFM 観察像を図 1f に示す。その結果、上記の条件では二次元原子スケールパターンは見られなかったが、表面粗さ(RMS)を 2nm から 0.2nm に 1 桁低減することができた。種々の熱ナノインプリント条件が原子パターン転写に及ぼす影響について検討した結果について報告する。

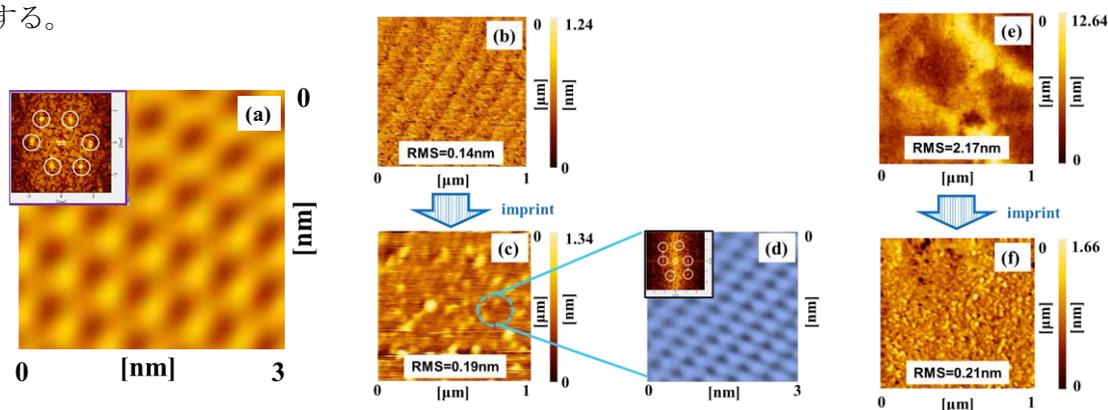


Figure 1 Atomic force microscopy images of (a) cleaved mica and surface changes on (b)—(d) stepped soda-lime silicate glass and (e)—(f) PMMA. Images (b) and (e) were observed before nanoimprint, (c) and (f) were taken after the process, and (d) is the magnification of (c). Insets in (a) and (d) shows FFT patterns.

1) S. M. Amador et al., *Langmuir* **9**, (1993) 812.

2) M. Yoshimoto et al., *Appl. Phys. Lett.* **67**, (1995) 2615.

3) G. Tan et al., *Appl. Phys. Express* **7**, (2014) 055202.

4) Y. Akita et al., *Appl. Phys. Express* **4**, (2011) 035201.