

光ナノインプリント法により作製した sub-100 nm 樹脂ガイドのトレンチ内での polystyrene-*block*-poly(methyl methacrylate) の誘導自己組織化

Directed self-assembly of polystyrene-*block*-poly(methyl methacrylate)
in sub-100 nm-wide resin trenches fabricated using UV-nanoimprinting

○金原 徹尚・大窪 諒・廣芝 伸哉・中川 勝

東北大多元研

○Tetsuhisa Kanahara, Ryo Okubo, Nobuya Hiroshiba, and Masaru Nakagawa

IMRAM, Tohoku Univ.

E-mail: nakagawa@tagen.tohoku.ac.jp

【緒言】我々は、光ナノインプリントリソグラフィ (UV-NIL) により作製した Si の凹凸ガイドのトレンチ内でのブロック共重合体 (BCP) の誘導自己組織化 (DSA) について研究を進めている^[1]。最近の京大の吉元らの研究グループによる流体シミュレーション計算から、polystyrene-*block*-poly(methyl methacrylate) (PS-*b*-PMMA) のマイクロ相分離構造が凹凸ガイドの線幅や深さに影響を受けることが予想されている^[2]。凹凸ガイドの形状のみでマイクロ相分離構造を自在に制御できれば、次世代の 3 次元ナノ造形技術としての応用を期待できる。一方で、光ナノインプリント (UVN) 法により作製した凹凸状の樹脂パターンを DSA ガイドとして用いた場合、ガイドの表面粗さの減少や、エッチング工程などのプロセス短縮化などの利点がある。本研究では、UVN 法により作製した樹脂パターンを DSA ガイドとして線幅を 45-100 nm の範囲で実験を行い、PS-*b*-PMMA のマイクロ相分離構造の形状依存性を検討した。

【実験】光硬化性組成物 (NL-KK1) の成形樹脂パターンを既報に従い UVN 法により作製した^[3]。樹脂パターンの形状を電界放大型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) により計測した。また、NL-KK1 表面と PS 及び PMMA との親和性を調べるために、イオン交換水とジヨードメタンの静的接触角測定を行い、表面自由エネルギー (γ) の算出を行った。薄膜で周期約 30 nm、直径約 14 nm のシリンダ状ドメインを形成する PS-*b*-PMMA ($M_n = 37.0$ - 16.8 kg mol⁻¹, $M_w/M_n = 1.07$) の 0.7 wt% トルエン溶液を 5000 rpm で樹脂ガイドの表面にスピン塗布した。200 °C、3 min のアニール処理を施し、原子間力顕微鏡 (AFM) により表面観察を行った。

【結果・考察】図 1 の断面 FE-SEM 観察像に示す開口部の幅が約 90 nm、底部で約 30 nm のテーパ構造をもつガイドの溝内の PS-*b*-PMMA のマイクロ相分離構造を AFM により観察した (図 2)。樹脂ガイドの凸部と PS-*b*-PMMA が包埋された溝の高低差が約 2 nm であった (図 2(a, b)) ことから PS-*b*-PMMA によってガイドの溝が充填されていることが確認できた。位相像より、ガイドに沿った直径約 21 nm の円形 PMMA ドメインが表面に観察された (図 2(c))。NL-KK1 硬化樹脂の γ の値は 47.8 mJ m⁻² であった。既報より PS 及び PMMA の γ の値はそれぞれ 39.3 mJ m⁻²^[4] と 41.1 mJ m⁻²^[5] であることから、溝の底面と側壁は PMMA と親和性が高いと考えられた。PMMA との親和性が高く、かつテーパ構造であると、図 2(c) のように PMMA シリンダが縦に配列することが示唆された。本発表では、NL-KK1 樹脂ガイドの線幅を変化させたときの PS-*b*-PMMA のマイクロ相分離構造について系統的に報告する。

【文献】[1] N. Hiroshiba, R. Okubo et al., EIPBN 2015, San Diego, CA, P04-04.

[2] A. Yoshida, K. Yoshimoto, M. Ohshima, MNC 2015, Toyama, Japan, 11A-3-4.

[3] M. Nakagawa et al., *Langmuir* **31**, 4188 (2015). [4] D. G. LeGrand et al., *J. Colloid Interface Sci.* **42**, 181 (1973). [5] S. Wu, *J. Phys. Chem.* **74**, 632 (1970).

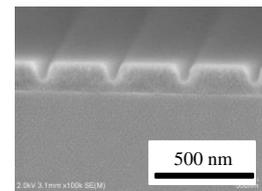


Figure 1. Cross-sectional FE-SEM image of 60-nm-line patterns of NL-KK1.

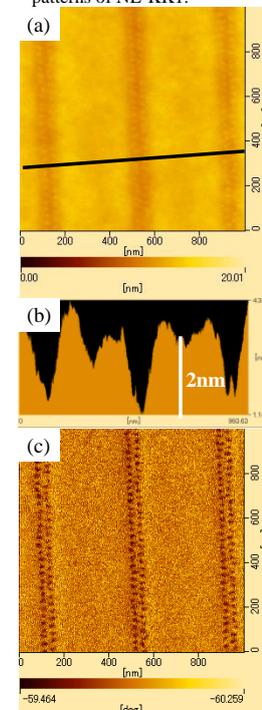


Figure 2. AFM (a) topographic and (c) phase image of PS-*b*-PMMA in 60-nm-wide NL-KK1 resin trenches. (b) Cross-sectional profile of black line in (a).