

原子間力顕微鏡で観察される膜厚 sub-100 nm での 光硬化樹脂薄膜における表面弾性率の膜厚依存性

Dependence of film thickness on surface elasticity observed for
sub-100 nm-thick UV-cured resin films by atomic force microscopy

○矢野春菜¹・久保祥一²・中川勝¹・梁曉斌³・藤波想⁴・中嶋健³

(¹東北大多元研・²物材機構・³東工大院理工・⁴理研放射光)

○Haruna Yano¹, Shoichi Kubo², Masaru Nakagawa¹, Xiaobin Liang³, So Fujinami⁴, and Ken Nakajima³

(¹IMRAM, Tohoku Univ., ²NIMS, ³Tokyo Institute of Technology, ⁴RIKEN SPring-8 Center)

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

【緒言】光ナノインプリントリソグラフィは、量産可能な半導体微細加工技術の手法として期待されている。モールドが有する微細パターンを高精度に基板へ転写するには、レジスト樹脂のエッチング耐性が面内で均一である必要がある。膜厚がより薄くなるにつれ、レジスト樹脂薄膜のナノスケールでの物性の不均一性が無視できなくなり、エッチング過程でのパターン欠陥やラフネス増大をもたらす可能性がある。我々は、レジスト樹脂の表面弾性率の測定により、エッチング耐性を評価できると考えた^[1]。本研究では、光硬化樹脂薄膜の表面弾性率の膜厚依存性を検討した。

【実験】光硬化性組成物 NL-KK1^[2]を Au 薄膜基板 (Au 20 nm / Cr 5 nm / Si)上にスピン塗布した。易凝縮性ガス HFC-245fa 雰囲気下で離型剤処理を施したシリカ平板を圧力 0.50 MPa で組成物に押し付け、波長 365 nm における紫外線強度 100 mW cm⁻²、照射時間 20 秒の条件で硬化させた。光硬化樹脂薄膜の膜厚を段差計により測定した。薄膜の表面弾性率 (ヤング率)を原子間力顕微鏡 (AFM) (Bruker, Nano-Scope V with MultiMode 8) のピークフォース QNM (Quantitative NanoMechanics) モードで測定した。

【結果と考察】成形した NL-KK1 硬化樹脂薄膜の膜厚は 117 nm, 50 nm, 31 nm であった。それぞれの薄膜表面の算術平均粗さは 0.40 nm, 0.37 nm, 0.31 nm であり、平滑な膜が形成していた。カンチレバーのばね定数 2.4 N m⁻¹、押し込み圧力 2 nN、接触半径約 4 nm の条件で、250 nm 角の 256×256 点から得られた荷重-試料変形量曲線をもとにヤング率を算出した。NL-KK1 硬化薄膜表面のヤング率の分布図を図 1 に示す。いずれの膜厚の硬化薄膜表面においても面内で不均一なドメインの形成が確認された。膜厚 117 nm、50 nm、31 nm の硬化薄膜表面のヤング率は 1.10 GPa, 0.81 GPa, 0.44 GPa であった。それぞれの膜厚でのヤング率の半値幅は 0.77 GPa, 0.82 GPa, 0.23 GPa であった。膜厚の減少に伴いヤング率が小さくなる傾向が示された。膜内部におけるモノマー分子の三次元方向への移動が膜厚の減少により二次元方向に制限されることで、重合反応の進行が阻害され、ヤング率が低下すると考えられた。

[1] H. Yano et al., 62 nd JSAP Spring Meeting, 11p-B2-2 (2015)

[2] M. Nakagawa et al., *Langmuir*, **31**, 4188-4195 (2015)

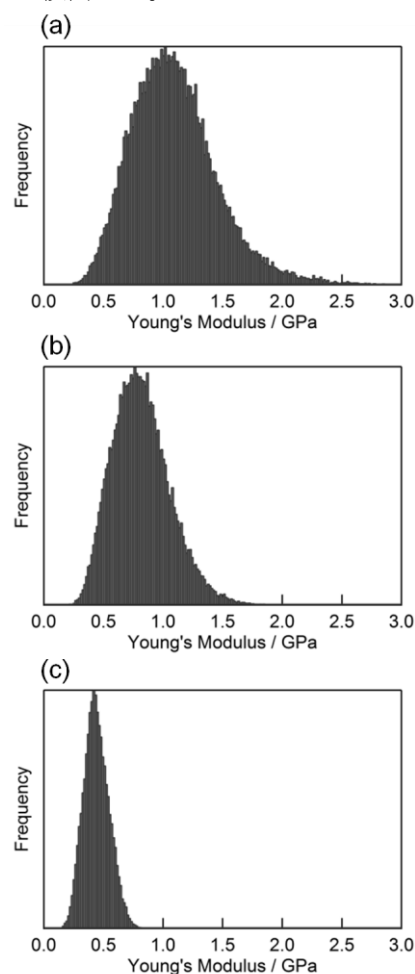


Fig. 1. Histograms of Young's moduli of NL-KK1 cured films with a thickness of (a) 117 nm, (b) 50 nm, and (c) 31 nm.