

ナノインプリントにおける離型力のモールド側壁傾斜角依存性 I

Dependence of de-molding force on sidewall slope angle of mold pattern in nanoimprint I

¹大阪府立大 院 工学研究科, ²ワルシャワ工科大 マイクロメカニクス・フォトニクス研

植村公亮¹, 藤井一緒¹, Marcin Michalowski², ○榎野貴充¹, 中村直登¹, 川田博昭¹,

Zygmunt Rymuza², 平井義彦¹

¹Osaka Pref. Univ. Graduate School of Eng., Sakai, Japan

²Warsaw Univ. of Technology, Institute of Micromechanics and Photonics, Warszawa, Poland

○Kimiaki Uemura¹, Kazuo Fujii¹, Marcin Michalowski², ○Takamitsu Tochino¹, Naoto Nakamura¹,

Hiroaki Kawata¹, Zygmunt Rymuza², and Yoshihiko Hirai¹

E-mail: hirai@pe.osakafu-u.ac.jp

はじめに) ナノインプリントにおける離型プロセスでは, レジスト破断などによる欠陥を防ぐため, 離型に要する離型力を抑える必要がある. ここでは, パターン側壁の傾斜角が, 離型力に及ぼす影響を調べた.

モールド作製) ボッシュ法を用いて, Siのエッチングを行い, モールドを作製した[1]. Fig.1に示す様に, a)短時間の側壁保護膜堆積する. b)次に保護膜と基板を同時にエッチングする. この時, 過剰に堆積した保護膜がエッジ部に残存するため, 中央部がエッジ部に比べエッチング深さが大きくなる. これを繰り返すことにより, 傾斜形状が得られる. この時, 堆積/エッチング時間比を大きくして堆積が過剰にする程, 傾斜角 θ が小さくなる. Fig.2に作製したモールドの断面 SEM 画像を示す. 作製したモールドを用いて, PMMA(Mw<120k)に対してナノインプリントを行い, 離型力を測定した.

結果と考察) Fig.3に, 傾斜角と離型力の関係を示す. 傾斜角の減少に伴い離型力は低下する. この例では, 傾斜角が 80 度程度以下では離型力は変わらない結果となった. これは, 剥離モードの変化が生じているためと考えられる. ここで, レジスト-モールド界面に加わる垂直ならびにせん断方向の応力(σ_n ならびに σ_s)が, 臨界値(P_s, P_n)を超えたとき剥離が生じると仮定する[2]と, $\sigma_n > P_n / \cos \theta$ もしくは $\sigma_s > P_s / \sin \theta$ の時に剥離され, σ_n, σ_s のいずれか小さい方が離型力に相当することになる. P_s, P_n を, 摩擦顕微鏡により測定し, 図中の実線に θ に対する離型力の相対的な依存性を示した. このモデルでは, θ の減少に伴い離型力は減少し続け, 実験結果を十分に説明できない. これはモールドの上底面部分の影響と考えられる.

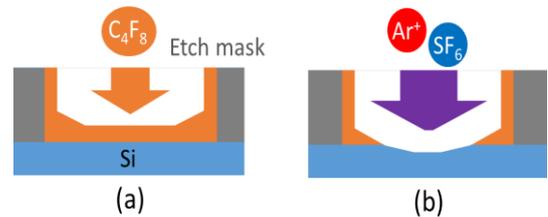


Fig.1. Side wall etching process: (a) Passivation layer deposition, (b) Si and passivation layer etching,

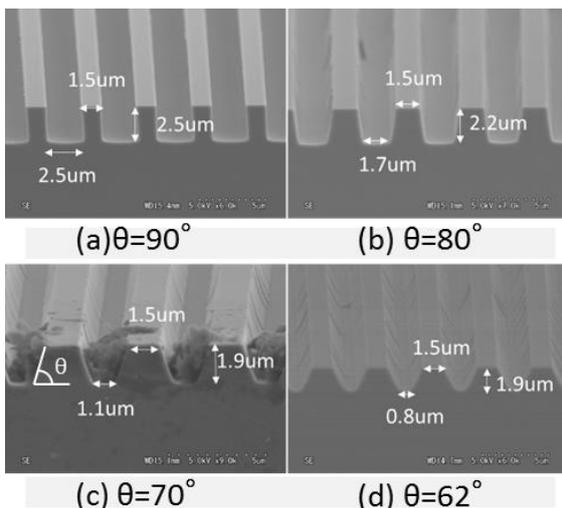


Fig.2 SEM image of the molds with various side wall angles.

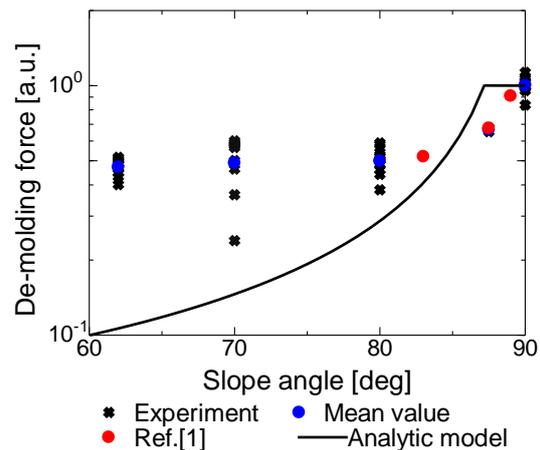


Fig.3 De-molding force in various side wall angles. (Dots and crosses: experiments, Solid line: analytic model, $P_s:P_n=20:1$)

[1] H. Kawata, et al., Jpn. J. Appl. Phys.49 (2010) 06GL15.

[2] M. Ortiz, et al., Int. J. Numer. Methods Eng. 44, (1999) 1267.