

ナノインプリントにおける離型プロセスのシミュレーション解析

Simulation Study on De-molding Process in NIL

大阪府立大 院工¹, JST-CREST²,○塩津隆弘^{1,2}, 西倉直紀^{1,2}, 安田雅昭^{1,2}, 川田博昭^{1,2}, 平井義彦^{1,2}Osaka Pref. Univ.¹, JST-CREST²○Takahiro Shiotsu^{1,2}, Naoki Nishikura^{1,2}, Masaaki Yasuda^{1,2}, Hiroaki Kawata^{1,2} Yoshihiko Hirai^{1,2}

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

はじめに) ナノインプリントでは、離型時の欠陥低減が重要な課題となる。ここでは、モールドがレジストから脱離する際にレジスト内部に生ずる応力についてのシミュレーション解析を試みた。

シミュレーションモデル) Fig.1 に示す様に、モールドがレジストから垂直、剥離、ロールの 3 つの動作で運動する離型モードを検討した。モールドの運動方向に対して、Line パターンが法線方向に配置した。解析には有限要素法を用いた。剥離モデルとして、今回は式 1) に示す様に界面法線方向(σ_N)ならびにせん断方向(σ_S)の相対的な臨界値のノルムが、1 を超えると剥離が生じるとした簡易モデルを用いた。

$(\sigma_N/P_N)^2 + (\sigma_S/P_S)^2 > 1$ 1). ここで、 P_N , P_S は、法線ならびにせん断方向の臨界応力である。

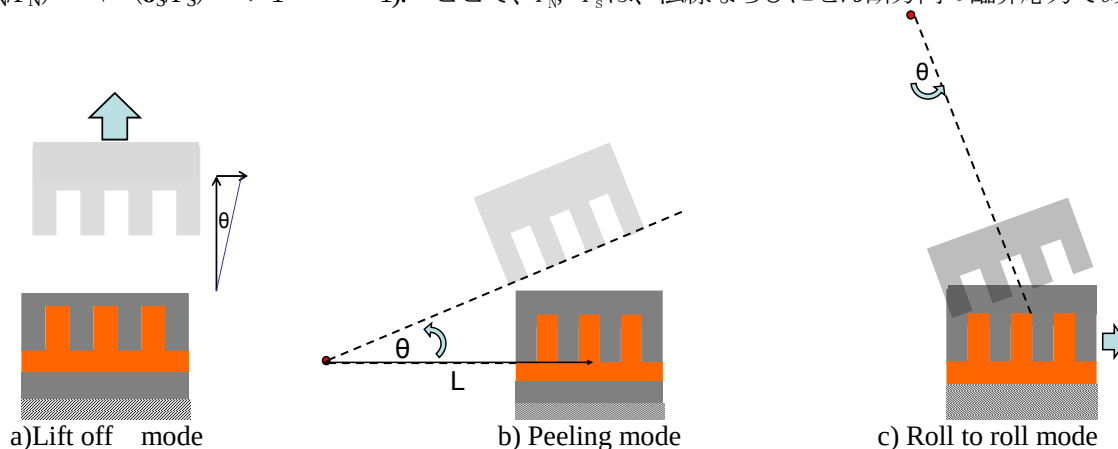


Fig.1. Schematics of de-molding modes

結果) Fig. 2 に、レジスト/モールド間の臨界応力の実験値($P_N=0.125\text{MPa}$, $P_S=1\text{MPa}$)を想定した場合の鉛直方向の垂直応力を示す。固着と摩擦による影響が大きい場合、内部応力はいずれの離型方法においても離型開始直後が最大となる。これは、レジスト側壁との固着性分が摩擦成分よりも大きく寄与するためと考えられる。リフトオフでは、スライド方向に対応した非対称のストレス分布となる。また、曲率半径の小さいピーリングでは、ロールに対して大きな応力集中が発生する。

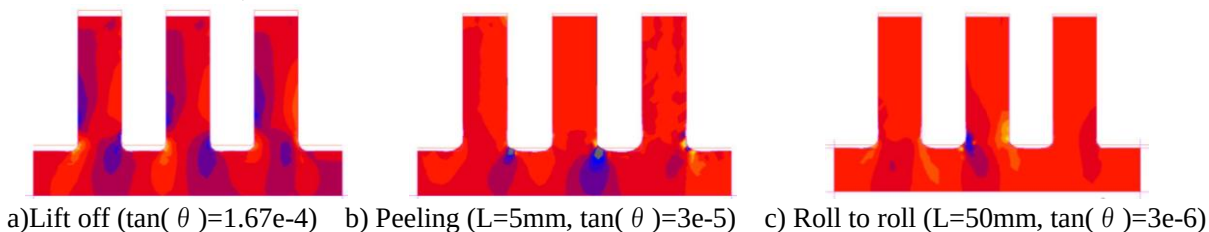
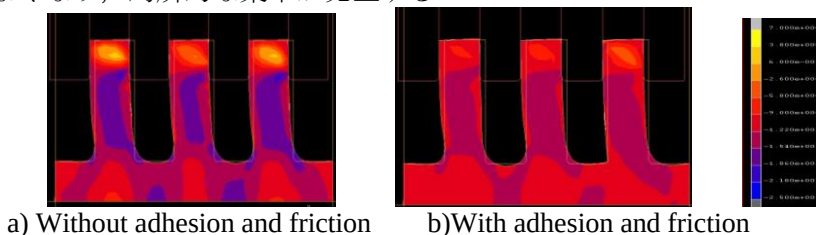


Fig.2. Stress distribution for various de-molding modes (50nm line & space, 150nm in height)

次に、固着、摩擦の影響を比較した計算例を Fig.3 に示す。この例では、ピーリングにおけるモールドの離脱直前の状態を示す。固着や摩擦による側壁でのせん断力を解除すると、応力がレジスト側面に分散されなくなり、局所的な集中が発生する。

Fig.3. Stress distribution in peeling mode (50nm line & space, 150nm in height L=10mm, $\tan(\theta)=1.5e-5$)