ナノインプリントにおけるレジスト収縮の補正(3D 形状補正)

Study on 3-D profile correction for resist shrinkage in nanoimprint lithography

[1] 大阪府立大学　大学院　工学研究科, [2] 東京工業大学　工学院　システム制御系
渡辺 謙太 [1],○砂川 弘樹 [1], 山下 龍之介 [2], 安田　雅昭 [1], 川田 博昭 [1], 大西 有希 [2], 平井 義彦 [1]
[1]Osaka Pref. Univ., Graduate School of Eng., Sakai, Japan,
[2]Toyko Tech., School of Eng., Tokyo, Japan
Kenta Watanabe[1], ○Hiroki Sunagawa[1], Ryunosuke Yamashita[2], Masaaki Yasuda[1], Hiroaki Kawata[1], Yuuki Onishi[2], Yoshihiko Hirai[1]
E-mail: hirai@pe.osakafu-u.ac.jp

1) はじめに　ナノインプリントにおいては、レジストの熱あるいは光硬化収縮により、成形後のレジストパターン形状とモールドの形状に差異が生じる [1]。この差異は、収縮率が大きい UV レジストを用いたマイクロサイズのパターンでは顕在化する。ここでは、典型的な断面形状について、普遍化した取り扱いができる近似式 [2]を用いることにより、3 次元形状に対するモールドの補償方法を提案し、その効果について計算機シミュレーションにより検証した。

2) 形状予測モデル　先ず、長さ方向に無限に伸びる、矩形、三角形、円弧状の断面を持つ構造体について、断面形状の予測モデルを構築した。レジストは基板に固着した状態で、等方的に一定の割合で収縮するとした。各側面について、基板に垂直方向(y 方向)には自由に収縮し、基板と水平方向(x 方向)には、基板から離れるに従って指数関数的に収縮するとした。

収縮によりレジスト表面の点$\{x,y\}$が、$\{x',y'\}$に移動するとして、断面が矩形、三角形、円弧状の側壁の予測形状 $f_r\{x_r',y'_r\}$, $f_t\{x_t',y'_t\}$, $f_c\{x_c',y'_c\}$は、

$$f_r\{x_r',y'_r\}= \{(1/2A)\cdot(1-k_c\alpha_0\cdot(1-\exp[-y/\tau_c(A)]),\ (1-\alpha_0)\cdot y\} \quad (1)$$

$$f_t\{x_t',y'_t\}= \{(1/2A)\cdot(1-y)\cdot(1-k\alpha_0(1-\exp[-y/\tau_t(A)])),\ k_t(1-\alpha_0)\cdot y\} \quad (2)$$

$$f_c\{x_c',y'_c\}= \{(1/2A)\cdot((r^2-(x-(1-r))^2)^{1/2}\cdot(1-k\alpha_0\cdot(1-\exp[-y/\tau_c(A)]),\ k_c(1-\alpha_0)y\} \quad (3)$$

と表せる。ここで、A は断面形状のアスペクト比、αは線収縮割合、τは緩和係数、k は体積補正係数である。

3) 収縮補正　ここでは、三次元構造体に対して側壁のみを考慮した補正を試みた。収縮後の形状 f に対するモールド側壁の補正形状 g は、

$$g=1\times f^{-1} \quad (4)$$

と表すことができる。側壁形状を上記の予測関数で近似し、補正形状 g を求めた。端面については、それぞれの側壁補正面を延伸させた。(Fig.1)

この方法により求めたモールド形状に対して、収縮後のレジスト形状を計算機シミュレーションによって求め、補正効果を検証した。Fig.2、Fig.3 に、直方体と四角錐構造に対する収縮補正例を示す。レジスト収縮率を 10%とした場合に、収縮後の形状の二乗平均相対誤差σは、収縮率の 1/100 程度に抑えられることが示された。

[1] A. Horiba, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **51** (2012) 06FJ06.
[2] T. Iida, et al., The 65th JSAP Spring meeting, (2018, Tokyo) 20p-B401-11.

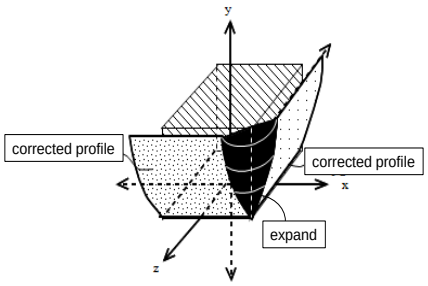
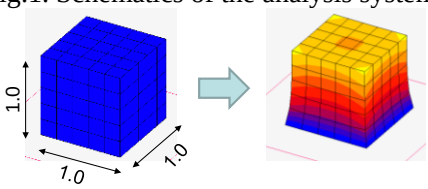
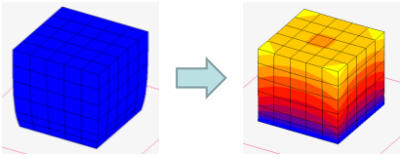


Fig.1. Schematics of the analysis system

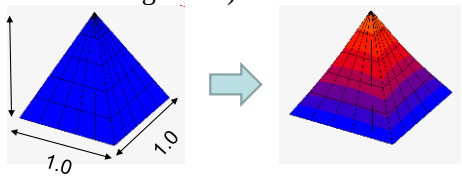


a) Without mold correction (σ＝0.10)

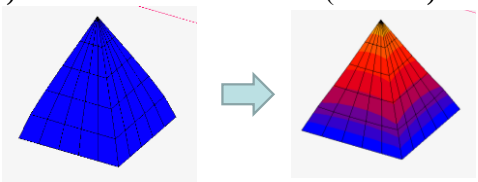


b)　With mold correction (σ＝0.001)

Fig.2. Mold profile correction for cubic (Liner shrinkage 10%)



a)　Without mold correction (σ＝0.10)



b)　With mold correction (σ＝0.0029)

Fig.3. Mold profile correction for pyramid (Liner shrinkage 10%)

© 2019年 応用物理学会