

液乾燥時のマイクロコンタクト版の横倒れとその規則構造

(産総研) ○日下靖之・牛島洋史

プリントドエレクトロニクスにおけるプロセス技術や分子パターンニング技術の一つとして、高精細パターンニングが可能なマイクロコンタクト印刷法(μ CP 法)が研究されている。通常 μ CP 法では PDMS(Polydimethylsiloxane)樹脂からなる凸版にインクを塗布し、これを乾燥させた後に被印刷体へ転写する。しかしおよそ数 μm 以下の細線パターンでは、インクの塗布乾燥時に隣り合った凸部が横倒れし、版欠陥が生じる問題が確認される。そこで本研究では PDMS ヤング率や塗布条件を変化させ、横倒れ発生の有無とその構造に関する評価を行った。

版深さ 2 μm 、ライン&スペース(L/S) 1 から 8 μm の PDMS 凸版に対し、フッ素系界面活性剤 TF1159 (DIC(株))によって表面張力 $\gamma = 19.5 \text{ mN/m}$ に調整したローダミン B インク(PDMS に対し接触角 $\theta = 30^\circ$)をディップコートしたときの横倒れの有無を図1に示す。図より、柔らかい版または凸部幅が小さい場合に横倒れが生じることがわかる。これは乾燥に伴って凸部間に形成されたインクのメニスカスによってラプラス圧が発生し、引力が働くためと考えられ、その発生条件は、レジストレリーフに対して導かれた田中モデルによる予測と定量的に一致した。ライン幅とスペース幅が等しい場合、

$$\frac{H_c}{L_c} = \left(\frac{EL}{24\gamma\cos\theta} \right)^{1/4} \quad (1)$$

となり、ここで E , L はそれぞれ版のヤング率と凸部ライン幅、 H_c , L_c は横倒れが発生する版深さと幅の閾値である。

次に、塗布方向および塗布速度を 5 $\mu\text{m/s}$, 500 $\mu\text{m/s}$ と変化させたときの横倒れ分布を示す(図2)。まず横倒れはひとつおきに発生したことがわかる。これは、初期に発生した横倒れによって隣の溝が広げられることによって隣の溝の曲率半径が増加しラプラス圧が低く抑えられるために、2 つ隣の横倒れが発生しやすくなったためと考えられる。またライン方向と塗布方向をそろえた場合、塗布速度の増加とともに横倒れの欠陥持続長は短くなった。高速塗布の場合、版表面におけるインクの乾燥状態は塗布方向にほぼ関係なく一様になるため、上述した初期の横倒れ部位が複数同時に生じ、スタカード状の規則構造になったと考えられる。低速の場合は、塗布開始位置から順に乾燥が進行するため、初期の横倒れパターンが成長でき、持続長が大きくなったものと考えられる。一方、ライン方向を水平にして塗布したところ、欠陥持続長は塗布速度に依存しなかった。この場合、塗布速度が低速であっても、各ライン上では同時発生的に横倒れが起こるため、欠陥持続長が短くなったと考えられる。

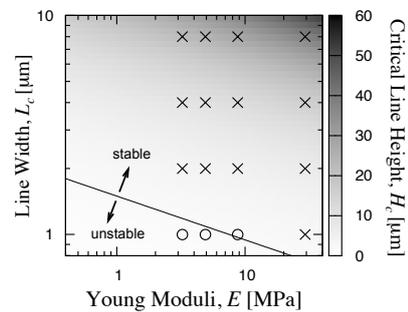


Fig. 1 Lateral collapse of PDMS reliefs. (o) unstable and (x) stable against ink coating. Solid line indicates a model prediction from Eq. (1).

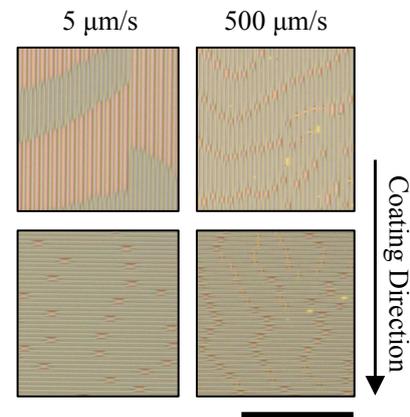


Fig. 2 Effects of coating direction and speed on lateral collapse distributions. bar: 50 μm .

Lateral Collapse Distribution of a PDMS Microcontact Stamp Induced by Ink Evaporation

Y. KUSAKA, H. USHIJIMA (AIST, y-kusaka@aist.go.jp)

We investigated mechanisms of ‘lateral collapse’ type defects of a line-and-space PDMS stamp induced by the evaporation of dip-coated ink. Generated lateral collapse structure of the PDMS stamp after drying ink significantly changed with line-and-space width, hardness of the PDMS and dip-coat speed. We also found interesting features; (i) the collapse formation in every other space and (ii) staggered structure formation of lateral collapses. It is anticipated the collapse formation in every other space is caused due to the asymmetric geometry change upon a collapse formation and accompanying invoking of Laplace pressure difference.