

熱アニール法によるポリスチレンとポリジメチルシロキサンからなる ブロック共重合体のランダム配向面内シリンダ構造の配向秩序解析

Ordering analysis of randomly-aligned in-plane cylindrical domains of polystyrene-*b*-polydimethylsiloxane by thermal annealing method

NTT 物性基礎研, °山口 徹, 藤原 聡

NTT BRL °Toru Yamaguchi, Akira Fujiwara

E-mail: yamaguchi.toru@lab.ntt.co.jp

10nm 以下のリソグラフィ技術の有力候補として、高 χ パラメータブロック共重合体であるポリスチレン(PS)-*b*-ポリジメチルシロキサン(PDMS)を用いた誘導自己組織化(DSA)技術の研究が近年盛んにおこなわれている[1]。多くの研究で用いられている溶媒蒸気アニーリング(SVA)法では、膨潤・乾燥という複雑なプロセスを経てマイクロ相分離構造が形成されるため、再現性確保のためにはプロセスパラメータを精密に制御する必要がある。産業応用的な観点から、出来る限りシンプルでプロセス、すなわち熱アニーリング(TA)法を用いることが望ましい。したがって、TA 法で形成可能なマイクロ相分離構造の配向特性を定量的に評価し、長距離秩序の限界性能を把握することが非常に重要となる。このような観点から、TA 法により形成した PS-*b*-PDMS 面内シリンダ相の配向特性について検討を進めており、195°C10 分間の熱処理で、約 290nm (16 D_{c-c} , D_{c-c} :シリンダ周期)の配向秩序相関長が得られることを既に報告した[2]。今回の報告では、より高温処理条件において形成した面内配向シリンダ相の配向秩序を評価したので報告する。

ポリスチレンで表面修飾した Si 基板上に、PS-*b*-PDMS (PS 分子量: 12k, PDMS 分子量: 3k)のスピン塗布膜を形成し、ホットプレートによる加熱処理により、単層のランダム配向面内 PDMS シリンダ相を形成した。各種熱処理温度にて 2 分間の熱処理を行い形成したシリンダ相の走査電子顕微鏡(SEM)像を Figure 1 に示す。PDMS シリンダ相を表面に露出させるため、最表面の PDMS ウェッティング層及び、一部の PS 相を反応性イオンエッチングにより除去してある。235°C 以下の熱処理(a,b)では、シリンダ周期(D_{c-c})が約 18.3 nm のシリンダ相が形成される。しかしながら、315°C 処理では、シリンダ相から球状相への相転移が起き、球状相が形成されることがわかった(d)。この相転移により、シリンダ相の配向秩序相関長は上限をもつこととなる。配向秩序相関長 ξ_2 は、局所隣接配向秩序パラメータ $\psi_2(\vec{r}) = \exp[2i\theta(\vec{r})]$ ($\vec{r}$:位置ベクトル, $\theta(\vec{r})$:シリンダ配向角度)を用いて定義された配向相関関数 $g_2(r) = \langle \psi_2(r) \cdot \psi_2^*(0) \rangle$ を指数関数 $\exp(-r/\xi_2)$ でフィッティングすることにより求めた。235°C10 分間処理では、 ξ_2 は約 680nm (38 D_{c-c})にまで達することが分かった。グラフィオエピタキシを用いた DSA の場合、配向ガイドの間隔が ξ_2 の 2 倍程度まで許容されるとすると、要求される配向ガイドの最大間隔は 1.4 μm 程度となる。このことから、コンタクト露光技術の解像性程度のリソグラフィ技術により作製した配向ガイドを用いて DSA が可能であることが示唆される。今後は、熱的グラフィオエピタキシによる 10nm 以下のライン&スペースパターン形成の検討を進めていく。

[1] Y. S. Jung, J. B. Chang, E. Verploegen, K. K. Berggren, and C. A. Ross, *Nano Lett.* **10**, 1000 (2010).

[2]山口 徹, 藤原 聡, 第 62 回応用物理学会春季学術講演会 11p-B2-4 (2015).

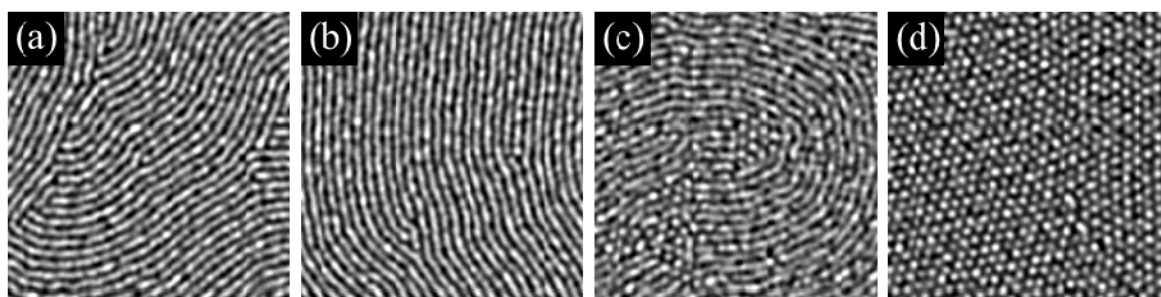


Figure 1 SEM images of in-plane PDMS cylinders formed by annealing at various annealing temperatures for 2 m: (a) 195°C, (b) 235°C, (c) 275°C, and (d) 315°C. The observed area was 500 x 500 nm.