

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	次世代リソグラフィを目指したケイ素含有ブロック共重合体ドメインの垂直配向制御に関する研究
Title(English)	Perpendicular Orientation Control of Si-Containing Block Copolymer Domains for Next Generation Lithography
著者(和文)	瀬下武広
Author(English)	Takehiro Seshimo
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10120号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:早川 晃鏡,柿本 雅明,高田 十志和,石曾根 隆,戸木田 雅利
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10120号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)

Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	有機・高分子物質	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested	博士 (工学)	Doctor of
学生氏名： Student's Name	瀬下武広		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	早川晃鏡	
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は“Perpendicular Orientation Control of Si-Containing Block Copolymer Domains for Next Generation Lithography” 「次世代リソグラフィを目指したケイ素含有ブロック共重合体ドメインの垂直配向制御に関する研究」と題し、英文で書かれており、以下の5章から成る。

第1章“General Introduction” 「緒論」では、本研究の背景を概観し、研究の意義と目的について述べた。

第2章“Perpendicular Orientation Control in a Thin Film of a Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane (POSS)-Containing Block Copolymer with a Top-Coat” 「トップコート剤を用いたかご型シルセスキオキサン (POSS) 含有ブロック共重合体の薄膜における垂直配向制御」では、微細解像性・高エッチング選択比を発現する POSS 含有ブロック共重合体の熱アニーリングによる垂直配向達成の為のプロセス条件及び配向制御材料の検討を行った。基板界面側及び空気界面側の制御を配向制御材料 (基板界面側：下地剤、空気界面側：トップコート剤) により適切に行うことにより、180°C-60 分間の熱アニーリング処理後に、基板に対して垂直に配向したシリンドラードメインの形成に成功した。さらに、従来の配向制御材料とは異なり、ブロック共重合体と異なるモノマーで構成された配向制御材料において、界面エネルギーを考慮した設計を行うことで、ブロック共重合体ドメインの配向制御が可能であることを見出した。

第3章“Synthesis and Bulk Characteristics of a Novel Type of Si-Containing Block Copolymer for sub-10 nm Patterning”

「Sub-10nm のパターンングを目指した新規ケイ素含有ブロック共重合体の合成及びバルクでの特性」では、微細解像性と垂直配向性の両立が可能な次世代ブロック共重合体リソグラフィ材料の開発を行った。その実現に向けて、ポリスチレンとポリメチルビニルシロキサンから構成されるブロック共重合体を設計・合成し、エンチオール反応により種々の側鎖構造をシロキサブロックへ導入することで、側鎖構造の異なるブロック共重合体の合成を行った。それらのバルクでの特性評価を実施した結果、末端にヒドロキシル基を有する側鎖を導入したブロック共重合体では目標とする周期長 20nm 以下の周期構造、すなわちパターン幅 10nm 以下 (sub-10nm) のナノ構造の形成が可能となることを見出した。一方、アルキル基を末端に有する側鎖を導入したブロック共重合体では sub-10 nm の周期構造の形成は見られず、側鎖の構造が相分離性に大きく影響していることを明らかにした。

第4章“Perpendicular Orientation Control in a Novel Type of Si-Containing Block Copolymer Thin Film without a Top-Coat” 「トップコート剤を用いない新規ケイ素含有ブロック共重合体の薄膜における垂直配向制御」では、第3章で合成した末端にヒドロキシル基を有するブロック共重合体を用いて、熱アニーリングによる垂直配向達成の

為のプロセス条件及び配向制御材料を検討した。ブロック共重合体の配向制御に影響を与えると考えられる要因毎にその影響を調査し、それぞれの最適条件を組み合わせることで、トップコート剤を用いることなく、130°Cにて1分間の熱アニーリング処理後に、基板に対し垂直に配向した周期長 17nm (線幅 8.5nm) のラメラドメインの形成に成功した。さらに酸素プラズマエッチング処理によってポリスチレンブロックが選択的に除去された、基板に対し垂直な凹凸パターンの形成を走査型電子顕微鏡による観察にて明らかにした。これらの結果により、新規ケイ素含有ブロック共重合体は次世代ブロック共重合体リソグラフィ用の材料に求められる sub-10 nm の微細解像性、熱アニーリングによる垂直配向の実現、エッチングによる片側ブロックドメインの選択的除去の3つの特性を満たすことを見出した。同様の手法にて、基板に対し垂直なシリンドラードメインの形成も達成した。また、ガイドパターンを用いたブロック共重合体パターンの長距離構造秩序化にも成功した。これまで達成が困難であった微細解像性と垂直配向性の両立を達成する為には、ポリスチレンブロックよりも疎水的な主鎖と親水的な側鎖の構造を有する独自の分子設計により、片側ブロックの偏析を抑制し、且つブロック間で微細なマイクロ相分離構造を形成するに足る斥力相互作用を維持することが重要であることを見出した。

第5章“General Conclusion” 「総括」では各章で得られた結果について総括するとともに、今後の展望を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	有機・高分子物質	専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（ 工学 ）
学生氏名： Student's Name	瀬下武広		指導教員（主）： Academic Advisor(main)	早川晃鏡	
			指導教員（副）： Academic Advisor(sub)		

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this thesis, my research focuses on perpendicular orientation of Si-containing block copolymers which show high resolution and high etch selectivity.

In chapter 2, perpendicularly oriented POSS-containing block copolymer domains were obtained with optimized bottom surface layer and top-coat materials by thermal annealing at 180 °C for 60 minutes. The results indicated that interfacial energy control of both bottom and top surface of block copolymer thin film should be necessary to achieve perpendicular orientation.

In chapter 3, bulk characteristics of new designed block polymers were investigated. Following block copolymers composed with polystyrene and poly(methyl vinyl siloxane) were synthesized, side chains were introduced into polysiloxane block by ene-thiol reaction. SAXS profiles of the block copolymer with different side chain structures revealed that block copolymers bearing hydroxyl end group showed sub-10 nm features after annealing in bulk.

In chapter 4, thin film patterning was demonstrated with the new block copolymers bearing hydroxyl end group. To obtain perpendicularly oriented block copolymer domains, process and etching condition were optimized. As the result, 17 nm perpendicularly oriented lamellar structure corresponding to 8.5 nm line patterns were achieved after annealing at 130 °C for 1 minute. Moreover, selective etching to remove polystyrene block was also successful. The result indicated that the new block copolymers satisfied the necessary characteristics, which are high resolution, perpendicular orientation and etch selectivity, for next generation block copolymer lithography. The new designed block copolymers containing both hydrophobic and hydrophilic moieties in polysiloxane block prevent segregation of one block while maintaining repulsion to polystyrene block. The novel block copolymers, therefore, achieved both high resolution and perpendicular orientation. The novel block copolymers are expected as next generation lithographic materials.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).