

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	瀬下 武広		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	早川 晃鏡	准教授	審査員	戸木田 雅利	准教授
	審査員	柿本 雅明	教授			
		高田 十志和	教授			
		石曾根 隆	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

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 章から構成されている。

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ている。

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、及び選択的分解性を発現する 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に向けたプロセス条件、及び配向制御材料について検討を行っている。基板界面側には下地剤、また空気界面側にはトップコート剤と呼ばれる配向制御材料を用いることにより、適切に界面の極性の制御を成し遂げている。配向制御材料にて界面制御されたブロック共重合体膜を用い、180℃にて 60 分間の熱アニーリング処理を行うと基板面に対して垂直に配向したシリンドラー構造が形成されることを明らかにしている。さらに、配向制御材料の分子設計において、界面エネルギーを考慮した独自の設計指針を打ち立てることに成功している。

第 3 章“Synthesis and Bulk Characteristics of a Novel Type of Si-Containing Block Copolymer for sub-10 nm Patterning”
「Sub-10 nm のパターンニ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を可能とする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ている。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の設計と合成を行い、エンチオール反応による種々の分子をポリシロキサンブロックの側鎖に導入することで、側鎖構造の異なるブロック共重合体の合成を行っている。バルクサンプルの特性、及び構造解析により、アルキル側鎖末端にヒドロキシル基を有するブロック共重合体において、目標とする周期長 20 nm 以下の周期構造、すなわちパターン幅 10 nm 以下 (sub-10 nm) のナノ構造の形成が可能となることを見出している。一方、側鎖にヒドロキシル基を持たないブロック共重合体においては、sub-10 nm の周期構造が形成されないことを明らかにしている。側鎖の分子構造と相分離性の相関を詳細に検討し、微細解像性に関する分子構造設計指針を確立している。

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 章で得られたアルキル側鎖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に向けたプロセス条件、及び配向制御材料についての開発と最適化検討を行っている。ブロック共重合体ドメインの配向制御に影響を与えると考えられる要因毎に最適化条件の検討を含めて精微に調べている。配向制御に関する複数の条件を適切に組み合わせることにより、トップコート剤を用いることなく、130℃にて 1 分間の熱アニーリング処理を行うことで基板面に対して垂直に配向した周期長 17 nm (パターン幅 8.5 nm) のラメラ構造の形成を走査型電子顕微鏡による観察にて明らかにしている。さらに、酸素プラズマエッチング処理により、ポリスチレンブロックが選択的に除去された凹凸パターンの創製にも成功している。これらの結果により、新規ケイ素含有ブロック共重合体が、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性、エッチングによる片側ブロックドメインの選択的分解性の 3 つの特性を満たすことを見出している。同様の手法にて、基板に対し垂直なシリンドラー構造の形成も達成している。また、誘導自己組織化と呼ばれるブロック共重合体構造の長距離秩序化にも成功している。ブロック共重合体の分子構造設計において、微細構造の形成に十分となるブロック間の斥力相互作用と界面の極性を適切に制御することにより、従来の課題の中で最も困難であったブロック共重合体ドメインの微細解像性と垂直配向性の両立を達成している。

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、今後の展望を述べている。これを要するに、本論文は広範な知見に基づく高分子の分子設計と合成、及び最適なプロセス条件により、これまで何れのブロック共重合体に於いても達成しえなかった熱アニーリングによる sub-10 nm の垂直配向ドメインの形成に成功したものであり、工学上ならびに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。