

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Studies on Directed Self-Assembly of Diblock Copolymers Using Electron-Beam Resist Patterns as Alignment Guides
著者(和文)	山口徹
Author(English)	Toru Yamaguchi
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:乙第4138号, 授与年月日:2017年3月31日, 学位の種別:論文博士, 審査員:彌田 智一,中嶋 健,穴戸 厚,長井 圭治,早川 晃鏡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4138号, Conferred date:2017/3/31, Degree Type:Thesis 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

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	山口 徹	
	氏 名	職 名	氏 名	職 名
論文審査員	主査 彌田 智一	教授	早川 晃鏡	准教授
	中嶋 健	教授		
	宍戸 厚	教授		
	長井 圭治	准教授		

本論文は、「Studies on Directed Self-Assembly of Diblock Copolymers Using Electron-Beam Resist Patterns as Alignment Guides」(和文題目：電子線レジストパターンを配向ガイドとするジブロック共重合体の誘導自己組織化に関する研究)と題して英文で書かれ、以下5章より構成されている。

第1章「General Introduction」では、次世代リソグラフィ技術として期待されているブロック共重合体の誘導自己組織化(DSA)技術の背景について述べ、パターン転写に有利な垂直配向ドメインの横方向配向技術の課題を抽出している。その課題を解決するため、中性化層技術とレジストパターン技術を組みあわせた配向手法を提案し、本研究の目的と意義が述べられている。

第2章「Neutralization Layer for Randomly-Aligned Lamellae Formation」では、ブロック共重合体(BCP)の誘導自己組織化(DSA)技術において、ポリスチレン(PS)とポリメタクリル酸メチル(PMMA)からなるブロック共重合体(PS-*b*-PMMA)のラメラ相の配向制御に重要な役割を担う中性化層材料について、従来の中性化層材料にはない、パターンニングの機能を新たに付与した中性化層材料の作製を試みている。本中性化層材料は、ベースポリマー・架橋剤・熱酸発生剤の3成分からなる材料であり、ベースポリマーとして、PS及びPMMAの中間の表面自由エネルギーを持ち垂直ラメラ構造形成が期待される市販の電子線レジストであるZEPレジストを用いている。架橋反応及びEB露光特性の結果から、(1)BCP塗布時に溶剤に対して不溶で、(2)電子線露光でパターンニング可能で、かつパターンラフネスが小さい、という特徴を持つことを明らかにしている。実際に、中性化層上にPS-*b*-PMMA膜を形成したところ、ランダム配向したラメラ構造が形成可能であることが述べられている。

第3章「Vertically-Aligned Lamellae Formation through Graphoepitaxy Using Resist Patterns as Alignment Guides」では、従来のグラフオエピタキシ手法では実現困難であった垂直ラメラ構造を水平方向に配向させるため、レジストパターンを配向ガイドとして用いる新たなグラフオエピタキシ手法を提案している。本手法では、トレンチ構造の形成プロセスを2段階に分割し、第2章で作製された中性化材料を下地中性化層として用い、その上に親水性の配向ガイドパターンを形成している。配向ガイドパターンとして、電子線レジストである水素化シルセスキオキサン(HSQ)を用いることにより、配向ガイド形状も精密に制御可能であることが述べられている。様々な形状をもつ配向ガイドを用いることにより、16nmハーフピッチの垂直ラメラ構造を、直線配向だけでなく、直角配向、及び同心円状配向可能であることが述べられている。さらに、垂直ラメラ構造を下地シリコン基板に転写し、20nmハーフピッチのシリコンパターンが形成可能であることが述べられている。

第4章「Graphoepitaxy of Liquid-Crystalline Block Copolymer for High Resolution and Long-Range Ordering」では、高解像性かつ長距離秩序形成が期待される、ポリエチレンオキシド(PEO)と側鎖にアゾベンゼンを含むポリメタクリル酸エステル(PMA(Az))からなる液晶型ブロック共重合体のグラフオエピタキシを試みている。中性化層を用いることなく、HSQの配向ガイドのみを使用し、140℃2分間のホットプレート熱処理により、約12nmハーフピッチの垂直PEOシリンドラ相の単ドメインを2ミクロン幅の領域において急速形成することに成功している。先行研究に倣い配向秩序解析を行った結果、長距離配向秩序が実現されていることが明らかとなり、配向秩序相関長は約700 Dc-c (Dc-c:シリンドラ間距離)に達することが述べられている。

第5章「General Conclusion」では、本論文の結論を記すとともに、今後の展望が示されている。

以上を要するに、本論文では、レジストパターンを配向ガイドとして用いることで、従来の方法では困難であった垂直ラメラ相のグラフオエピタキシを実現しており、工学上並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。