

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Preparation of Ordered Mesoporous Polyimide Films and Carbons via Block Copolymer Templating
著者(和文)	GaoLing
Author(English)	Ling Gao
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10765号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:早川 晃鏡,芹澤 武,石曾根 隆,戸木田 雅利,道信 剛志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10765号, Conferred date:2018/3/26, 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	高凌 (Ling GAO)	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	早川 晃鏡	教授	石曾根 隆	教授
	審査員			芹澤 武	教授
				戸木田 雅利	准教授
			道信 剛志	准教授	

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Preparation of Ordered Mesoporous Polyimide Films and Carbons via Block Copolymer Templating (ブロック共重合体を鋳型に用いる周期性メソポーラスポリイミド膜及びカーボンの創製)」と題し、英文で全6章から構成されている。

第1章「Introduction (緒論)」では、ブロック共重合体のマイクロ相分離構造を鋳型に用いるメソポーラス材料の作製技術を概説し、ポリイミドに代表される高性能高分子を用いるメソポーラス材料の創製の新規性を示し、本研究の目的と概要を述べている。

第2章「Inducing defects in ordered mesoporous nitrogen-containing carbons via PEO-PPO-PEO templated high temperature carbonization (PEO-PPO-PEO 鋳型及び高温カーボン化処理による窒素含有周期性メソポーラスカーボンの創製と欠陥構造誘導)」では、ポリエチレンオキシド (PEO) とポリプロピレンオキシド (PPO) によって構成されたトリブロック共重合体 (PEO-PPO-PEO) を鋳型に用い、芳香族アミド酸とレゾール存在下、350°Cの熱処理により含窒素メソポーラス構造膜を作製し、その後、900°Cから1500°Cの範囲において200°C毎の熱処理条件を設定し、メソポーラスカーボンを創製している。芳香族アミド酸の熱イミド化に由来するメソポーラス膜への窒素原子導入が高温熱処理における優先的な部分分解を促し、メソポーラスカーボン膜内における欠陥構造を誘導し、興味深い物性を引き出すカーボンエッジを多数含む機能性メソポーラスカーボンの創製を可能にすることを明らかにしている。

第3章「Fabrication of nanostructure in wholly aromatic poly(amic acid) films via PS-*b*-PMAA templating (PS-*b*-PMAA を鋳型に用いた全芳香族ポリアミク酸膜におけるナノ構造形成)」では、周期性メソポーラスポリイミド膜の創製に向けた鋳型ブロック共重合体とポリアミク酸の最適構造探索の研究の一環として、ポリスチレン (PS) とポリメタクリル酸 (PMAA) によるブロック共重合体 (PS-*b*-PMAA) 及び分子構造の異なる3種類のポリアミク酸の組み合わせから高度な周期性を示すマイクロ相分離構造の形成条件について、バルク及びスピニングキャスト薄膜において詳細に調べ整理されている。走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察、小角 X 線散乱 (SAXS) 測定、及び原子間力顕微鏡 (AFM) 観察による得られたマイクロ相分離構造の構造解析を行い、PS-*b*-PMAA とポリアミク酸の混合組成比の最適化及びポリアミク酸の分子構造における柔軟性が高度な周期性を示すマイクロ相分離構造の形成に重要であることを明らかにしている。ポリアミク酸膜の熱イミド化において、鋳型ブロック共重合体の熱安定性が得られる膜のナノ構造の安定性に影響を与えることも明らかにしている。

第4章「Preparation of mesoporous polyimide films via P $\alpha$ MS-*b*-PMAA templating (P $\alpha$ MS-*b*-PMAA を鋳型に用いた全芳香族ポリイミド膜の創製)」では、紫外光により分解可能なポリ ( $\alpha$ -メチルスチレン) (P $\alpha$ MS) と PMAA によるブロック共重合体 (P $\alpha$ MS-*b*-PMAA) を鋳型に用いたポリイミド膜の創製について述べている。前章の熱イミド化及び鋳型 PS の熱分解によるメソポーラス構造形成の過程において、マイクロ相分離構造に由来するナノ構造の崩壊が課題であったのに対し、比較的温和な条件である紫外光照射による P $\alpha$ MS の分解を実施することで構造周期性の高いナノ構造形成に成功し、メソポーラス膜の創製が可能であることを述べている。一方で、紫外線照射後の熱イミド化においてメソポーラス構造の周期性に重心間位置の乱れを伴う欠陥構造が部分的に生じることを指摘している。

第5章「Preparation of well-defined mesoporous polyimide films and carbons via P $\alpha$ MS-*b*-PHOST templating (P $\alpha$ MS-*b*-PHOST を鋳型に用いた明確なメソポーラスポリイミド構造膜及びカーボンの創製)」では、添加剤のレゾールと良好に架橋構造が形成されるポリヒドロキシスチレン (PHOST) を含む鋳型ブロック共重合体 (P $\alpha$ MS-*b*-PHOST) を用いたポリイミド膜及びそのカーボン化膜の創製について述べている。鋳型ブロック共重合体の PHOST 成分が添加剤のレゾールと架橋することにより、熱イミド化及びメソポーラス化における十分な熱構造安定性が付与され、構造周期性の高いメソポーラスポリイミド膜の創製が可能であることを述べている。さらに、900°Cにおける高温熱処理においても、初期に形成されたマイクロ相分離構造の周期性が維持されたメソポーラスカーボン膜が得られることを明らかにしている。

第6章「Conclusion (結論)」では、本研究の結果を総括し、今後の展望について述べられている。これを要するに本論文は、ブロック共重合体のマイクロ相分離構造を鋳型に用いるメソポーラス材料の創製において、ポリイミドに代表される高性能高分子においてもメソポーラス膜とそのカーボンの創製が可能であることを明らかにしたもので、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。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(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。