

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	新規光学材料のための高輝度発光材料合成とナノテンプレート作製技術の開発
Title(English)	
著者(和文)	高野香織
Author(English)	Kaori Takano
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11553号, 授与年月日:2020年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林 智広,富田 育義,早川 晃鏡,稲木 信介,本倉 健
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11553号, Conferred date:2020/6/30, 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

(論文博士)  
(Dissertation Doctorate)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

Dissertation Summary (approx. 2000 characters in Japanese)

報告番号 For administrative use only	乙 第	号	氏 名 Name	高野 香織
---	-----	---	-------------	-------

(要 旨)

(Summary)

液晶ディスプレイのエネルギー効率改善に寄与する新規光学材料として、無反射膜と偏光発光フィルムの開発が期待される。本博士論文では「新規光学材料のための高輝度発光材料合成とナノテンプレート作製技術の開発」と題して、これらの光学材料を開発するために必要となる要素技術を開発することを目的としている。

本博士論文は7つの章から構成されている。

第一章「序論」では、光学材料の社会的な役割を紹介したうえで、新しい光学材料の開発の必要性を述べている。その開発を支える4つの学術分野として、発光材料としてのコロイド量子ドット、光の伝搬性を操るフォトニック結晶、さらにフォトニック結晶性を生むナノテンプレート材として用いるブロック共重合体マイクロ相分離と、レプリカ複製技術であるナノインプリントについて概説するとともに、それぞれの分野にまたがる要素技術を明示した。各課題解決に向けた技術開発と各章との関係性を表記し、本博士論文の構成を述べている。

第二章「本研究で使用した測定・評価技術」では、上記要素技術の開発において使用した測定・評価技術として、発光量子収率測定法、原子間力顕微鏡、小角X線散乱、ブロック共重合体の品質を測定するリサイクル分取GPC、反射率測定、ヘーズ測定法を概説している。

第三章「光学特性を持つ周期的ナノ相分離構造発現過程その場観察手法の開発」では、超高分子量ブロック共重合体をマイクロ相分離させる際に必要となる溶媒アニール処理中において、相分離の経時的な変化を観察することが可能なその場観察法を開発した結果について述べている。分子量100万を超える超高分子量ブロック共重合体をマイクロ相分離させるために必要な溶媒アニール手法を概説するとともに、それを実現することの難しさとその場観察手法の必要性を述べている。これまで開発されたリアルスペースその場観察法が本系では適用不可である原因を特定し、自作のAFM用溶媒アニール容器を開発するとともにフォースカーブ測定を膨潤膜厚測定に応用することにより、膨潤度が8倍以上という非常にソフトな系においても長時間安定にポリマー膜表面のイメージングを継続することに成功した点を説明している。得られた経時的な形状像から相関長を導くことにより、溶媒アニール中のマイクロ相分離の成長係数が初めて明らかとなった点を述べている。さらに、得られた形状像を垂直ラメラ構造と同定するに至った検証実験および、フォースカーブで得られた膨潤膜厚の妥当性を、マイクロ相分離の相関長を間接的な指標として検証した実験について述べている。

第四章「ブロック共重合体薄膜の深さ方向相分離状態の評価手法検討」では、第三章の手法では追跡することができない膜内部の相分離状態を静的に評価する手法として、既報の酸素プラズマエッチ

ングや染色法をコントラスト付与手法として用い、種々の断面切断手法との組み合わせで計7種類の手法で評価した結果を比較し、最適な断面測定手法を検証している。

第五章「周期的ナノ凹凸構造の複製と無反射膜としての応用」では、ブロック共重合体マイクロ相分離で得られたナノ構造をテンプレートとして、フォトニック結晶性の一つである反射抑制機能を発現させる検討を行った結果を述べている。第三章で開発したその場観察手法によって得られた最適な溶媒アニール条件で処理した超高分子量ブロック共重合体からポリスチレン凸マスク周期構造を作製し、それを鋳型としてドライエッチングで凹状に加工したシリコンウエハを元型とし、樹脂で構造複製するというナノインプリントの一連の加工手法により、周期的凹凸構造を複製した。その際に断面形状を工夫することでフォトニック結晶の一形態である無反射膜としての応用を検討した結果を述べている。

第六章「高輝度発光材料の開発」では、偏光発光フィルム開発のために必要となる高輝度発光材料として、CdSe/CdSコアシェル型量子ドットを発光増強材であるアミンの添加なしに高輝度化する合成法を報告している。複数の発光量子収率測定法を比較したうえで、それらの数値の妥当性を述べている。

第七章「本研究のまとめと今後の展望」では本研究全体をまとめるとともに、個別に開発した要素技術の組み合わせによって偏光発光フィルムが実現可能であることを述べている。

上記の一連の研究で、無反射膜開発のために必要な、溶媒蒸気環境下で測定可能なブロック共重合体マイクロ相分離過程その場観察手法を新たに開発し、本手法で得られたプロセス条件で処理したマイクロ相分離構造を利用した凹凸構造を複製して無反射膜として応用可能であることを示している。さらに、高輝度発光材料の合成法を述べている。これらの要素技術は新規光学材料の開発のみならず、それぞれ単独で材料開発や表面計測技術の進展に貢献するものである。

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: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

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。

Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.

(論文博士)  
(Dissertation Doctorate)

## 論 文 要 旨 ( 英 文 )

(300語程度)

## Dissertation Summary (approx. 300 words in English)

報告番号 For administrative use only	乙 第	号	氏 名 Name	高野 香織 Kaori Takano
---	-----	---	-------------	-----------------------

( 要 旨 )

(Summary)

**Development of the novel optical elements, such as anti-reflection film and polarized emission film, will contribute to reduce energy consumption of electronic devices. This Ph.D thesis aims to provide the fundamental technologies which are required to create those optical elements.**

**In order to exploit the nature of microphase separation of block copolymers in optical dimensions (periodicity around 200 nm and up) which is known as a photonic crystal, real-time and *in situ* observation technology of structural evolution was developed. This instrumentation gave the growth exponent (which is an indicator of how efficient the microphase separation is) for the first time for solvent vapor annealing.**

**Ultra-high molecular weight block copolymer was micro-phase separated by using the processing condition obtained by the *in situ* measurement described above, and a master mold of fingerprint structure was created. The structure was replicated by nano-imprinting on a substrate and the anti-reflection feature was examined by optical measurement.**

**Toward development of polarized emission film, near-unity emission materials are desired for efficient energy conversion. A new synthetic procedure of colloidal CdSe/CdS quantum dots with near-unity emission was discovered. With excess amount of oleic acid, which would neutralize less acidic phosphonate on the CdSe surface, and without dative alkylamine ligands in the CdS shell growth reaction, isotropic hexagonal growth of CdS on the CdSe nanocrystals was observed. With alkylamine, on the contrary, anisotropic hexagonal pyramid shape growth was observed. The high-angle annular dark field scanning transmission electron microscopy (HAADF-STEM) revealed its wurtzite structure and core/shell structure, which indicate that excess amount of anionic oleate ligand could alter the stability between facets.**

**By combining the conventional technologies such as polarized emission materials and directed self-assembly with the fundamental technologies provided above, the polarized emission film will be obtainable.**

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: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

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。

Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.