

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	動的光重合による高分子構造体のホログラムパターン形成
Title(English)	Formation of holographic patterns in polymer structures by scanning wave photopolymerization
著者(和文)	相沢美帆
Author(English)	Miho Aizawa
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11180号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:穴戸 厚,稲田 宗隆,木村 好里,中嶋 健,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11180号, Conferred date:2019/3/26, 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

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	応用化学 エネルギー	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	相沢 美帆		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	宍戸 厚	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、新たな分子配向法である「動的光重合法 (Scanning wave photopolymerization, SWaP)」による機能性材料創製を目的としている。定常的な光の動きを利用することにより、添加した色素分子や自発的に形成したマイクロスケールの構造体の配向を制御できることを明らかにした。また、構造体に沿った3次元的な分子配向変化により、特異な回折特性をもつことを見出した。さらに、光の形状や動きの時空間的な制御により構造体の自在なパターン形成を実現し、本手法により多様な光機能を有するフィルムが作製できることを明らかにした。

第一章「General Introduction (序論)」では、分子配向制御による機能性材料の創製と既存の配向制御技術を概説し、本研究の目的を述べた。

第二章「Alignment Control of Anisotropic Dye Molecules Induced by SWaP (動的光重合による異方性色素分子の配向制御)」では、新たに開発された分子配向法である動的光重合を用いて、添加した構造的に異方性をもつ色素分子の配向制御について検討した。重合に関与しない色素分子を重合用試料に添加し動的光重合を行ったところ、添加した色素分子は周囲の分子と同様の方向に配向することが明らかとなった。光に対して応答し分子形状を変化させる分子を用いた場合においても、光重合条件を検討することにより高い分子配向度をもつフィルムを作製することに成功した。

第三章「Spontaneous Formation of Periodic Polymer Structures over Large Areas Induced by SWaP (動的光重合による大面積での高分子周期構造体の自発形成)」では、研究過程にて見出した高分子構造体の形成条件の検討や形成メカニズムの解明について検討した。動的光重合により分子配向を誘起したフィルムの冷却方法の制御により、自発的な構造体形成が引き起こされることを明らかにした。また、フィルム内で自己組織的に形成した構造体は光を回折する機能をもち、光重合条件に応じて構造体のサイズや回折効率が変化することを見出した。フィルムを詳細に観察した結果、光重合過程で生じるモノマーとポリマーの相分離が構造体形成の要であることが明らかとなった。さらに、形成した構造体に沿った三次元的な分子配向変化が誘起されており、この周期構造体により光回折機能が発現することを明らかにした。

第四章「Evaluation of Optical Properties of Liquid Crystal Gratings Fabricated by SWaP (動的光重合により作製した液晶回折格子の光機能評価)」では、作製した周期構造を有するフィルムの光機能解析を行った。回折効率を測定した結果、厚さが2 μm のフィルムにも関わらず30%程度の高い値を示すことがわかった。さらに作製した回折格子は偏光を変換する機能を示した。解析の結果、既存の偏光ホログラムとは異なる偏光変換挙動を示すことが明らかとなった。これは、作製したフィルム内で構造体に沿った三次元的な分子配向変化が誘起されていることが原因と考えている。また、多彩な光学パターンを照射可能な新たな光重合装置を用いて、構造体の二次元パターンニングについて検討した。同心円状に構造体が配向したパターンや同心円配向をアレイ状に集積化させたパターンを一段階で形成することに成功した。さらに、作製した同心円配向パターンを有するフィルムが構造体の回折に基づく集光特性を有することが明らかとなった。

第五章「Overall Summary (総括)」では、本論文の要点を総括して述べた。本論文では、動的光重合を用いて、ナノスケールからマイクロスケールにわたる物質の配向制御について検討した。異方性色素分子や自発的に形成した相分離構造の配向を制御することに成功し、本手法の汎用性の高さを実証した。さらに光の動きを利用して物質を配向させる利点を生かして、従来法では極めて困難な配向パターンを有する機能材料の作製に成功した。高い汎用性に加えて複雑な配向制御による高機能化も可能であることから、動的光重合が機能性ソフトマテリアルの創製において重要な役割を担うと期待できる。

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

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	応用化学 エネルギー	系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 Academic Degree Requested Doctor of (工学)
学生氏名： Student's Name	相沢 美帆		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main) 宍戸 厚
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The purpose of this study is to create new functional films by scanning wave photopolymerization (SWaP), to prove that the novel alignment method is an efficient, general and powerful process for fabrication of wide range of high-performance materials. Here, the author conducted the experiment about the alignment of doped dye molecules and spontaneously formed micrometer-scale polymer structures by photopolymerization using spatiotemporal scanning of light.

In Chapter 2, an alignment control of anisotropic dye molecules with non-polarized light was demonstrated. It was observed that anisotropic dye molecules were well aligned by optimizing the photopolymerization conditions. This experiment revealed that driving force for alignment of SWaP is valid for a doped anisotropic molecule. Its alignment direction was parallel to the neighboring mesogenic moieties. Thus, it was proved that SWaP enables to align various kinds of materials even if the material does not participate in the photopolymerization without any surface treatment or polarized light sources.

In Chapter 3, the author investigated a serendipitous discovery about formation of micrometer-sized periodic structures over large areas. One-dimensional aligned periodic structures were formed by controlling the cooling process. Moreover, the author found that the size of the structures could be changed by the control of photopolymerization conditions. By observation with a polarized optical microscope, it was revealed that the spontaneously formed structure was related to the phase separation of polymers. In addition, detailed investigation elucidated that three-dimensional molecular alignment along the periodic structures was induced in the resultant film.

In Chapter 4, the author evaluated optical properties of fabricated grating structures. Measurement of diffraction efficiency and polarization conversion behavior was conducted to examine the light diffraction mechanism of the film. Moreover, the author demonstrated two-dimensional alignment control of polymer structures by introducing a new optical setup which is able to control the incident light patterns during SWaP for creating new optical functional films. As a result, concentric polymer structures were successfully fabricated and the film showed a light collection function. Furthermore, array pattern of concentric alignment was also demonstrated, which can be applied for some optical devices such as a microlens array.

In Chapter 5, the author summarized the obtained results. In this study, the author investigated the alignment control of nano- to micro-scale materials by SWaP. It was proved that SWaP has a great potential to develop a wide variety of functional applications.

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).