

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	動的光重合による液晶の三次元配向パターンニング
Title(English)	Three-Dimensional Alignment Patterning of Liquid Crystals Directed by Scanning Wave Photopolymerization
著者(和文)	小林吉彰
Author(English)	Yoshiaki Kobayashi
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11789号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:穴戸 厚,芹澤 武,中嶋 健,田巻 孝敬,久保 祥一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11789号, Conferred date:2022/3/26, 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 応用化学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	小林 吉彰		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	宍戸 厚
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	久保 祥一

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「Three-Dimensional Alignment Patterning of Liquid Crystals Directed by Scanning Wave Photopolymerization (動的光重合による液晶の三次元配向パターンニング)」と題して、光重合を利用した分子配向制御による新たな機能性材料の開発に関する研究成果が英文で記されており、全 6 章より構成されている。

第 1 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について説明するとともに、本研究の意義と目的を述べている。

第 2 章「Fabrication of Liquid-crystalline Polymer Network Directed by Scanning Wave Photopolymerization (動的光重合による架橋液晶高分子の作製)」では、新たな分子配向法である動的光重合 (SWaP) を用いて、架橋液晶高分子フィルムの配向制御について検討し、架橋剤の濃度を増加しても光照射領域全域で均一に分子が配向することを明らかにしている。さらに、架橋剤濃度に応じて、誘起される分子配向方向が異なることを明らかにしており、配向した高分子主鎖が液晶部位の配向に影響を及ぼしたと考察している。

第 3 章「Three-dimensional Alignment Structure in Liquid-crystalline Polymer Films Induced by SWaP (動的光重合による液晶高分子フィルムにおける三次元配向制御)」では、液晶高分子フィルムにおいて初期に形成されるホメオトロピック配向を基に、動的光重合による三次元的な分子配向制御について検討している。基板に塗膜した重合用試料が液晶相温度でホメオトロピック配向することを見出し、動的光重合を施すことで面内方向に傾斜した配向を得ることに成功している。誘起された配向では分子のみならず高次構造も傾斜しており、動的光重合時の光強度を設計することで傾斜角度を制御できることを明らかにしている。これらの結果に基づき、光の形状・動きを設計することで三次元配向パターンフィルムの作製に成功している。

第 4 章「Theoretical Analysis of Tilted Molecular Alignment Mechanism Based on Mass Diffusion during SWaP (動的光重合過程での物質拡散に基づく傾斜分子配向の理論解析)」では、単スリット光照射での拡散距離および拡散の駆動力、拡散速度を数値解析し、誘起される傾斜分子配向との相関を調べている。拡散方程式に基づき算出した拡散距離は分子配向が誘起された長さとは良く一致し、拡散の駆動力は光強度に応じて変化することを見出している。実験的に得たポリマー転化率および光重合時の粘度変化を用いて拡散速度を算出し、拡散中にはたらく力を定量的に見積もった結果、前章で得られた傾斜角度の光強度依存性を合理的に説明できることを示している。

第 5 章「Evaluation of Function as Molecular Alignment Layer and Development of Actuator with Three-dimensional Molecular Alignment (分子配向膜としての機能評価および三次元分子配向アクチュエータの開発)」では、作製した高分子フィルムの液晶配向膜としての有用性を評価するとともに、アクチュエータの作製を検討している。高分子フィルムが被覆された基板で作製した液晶セルに浸透した低分子液晶が、高分子フィルムと同一方向に配向したことから、動的光重合で作製した高分子フィルムが配向膜として機能することを明らかにしている。さらに、この配向膜を用いて液晶性モノマーを配向して光重合することで作製した自己支持性高分子フィルムが、加熱により力学挙動を発現し、加熱温度によって屈曲角度が異なることを見出している。内部の分子配向方向に応じた膨張、収縮を定量的に評価することで、アクチュエーションのメカニズムを明らかにしている。

第 6 章「Summary (総括)」では、本論文で得られた研究成果を総括するとともに、今後の課題と研究展望を述べている。

以上を要するに本論文では、新規な分子配向技術である「動的光重合法」を用いて架橋液晶高分子中の三次元分子配向制御に成功し、本手法の汎用性の高さを実証した成果について述べている。さらに、作製した高分子フィルムを用いて熱刺激型アクチュエータの創製に成功している。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、工学上貢献するところが大きい。したがって本論文は、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。

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：	応用化学	系
Department of, Graduate major in	応用化学	コース
学生氏名：	小林 吉彰	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士 (工学)
Academic Degree Requested	Doctor of
指導教員 (主)：	宍戸 厚
Academic Supervisor(main)	
指導教員 (副)：	久保 祥一
Academic Supervisor(sub)	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Macroscopic and precise alignment control of functional molecules represented by liquid crystals (LCs) and polymers is the key to generating a new function and enhancing their performances. Among various alignment techniques, a photoalignment method offers the greatest potential to finely control molecular alignment because of the capability of micro- to nano-patterning without physical contact. However, even by such a sophisticated method, the control of microscopic molecular orientation with a three-dimensionally complex manner remains a challenge. Recently, we have proposed a novel photoalignment method based on a new concept of scanning wave photopolymerization (SWaP). In this paper, the author investigated the alignment behavior of LC monomers induced by SWaP and fabricated the polymer film with three-dimensional molecular alignment patterns.

The author firstly demonstrated the alignment control of mesogenic moieties in densely crosslinked LC polymer films with various molar ratios of an oxetanyl anisotropic monomer and crosslinker. During this research, out-of-plane molecular alignment of LC was serendipitously discovered. By using the unique phenomenon, 1D light scanning with the constant exposure energy induced the tilt alignment with different angles in the films. By GI-WAXD measurement, it was found that not only the LC moieties but also higher-order structures were tilted along the light scanning direction. Furthermore, the author estimated induced tilt angles from experimentally obtained birefringence, and successfully fabricated three-dimensional molecular alignment patterns. Based on these results and a concept of thermodynamic force, molecular diffusion enabling such three-dimensional molecular alignment was experimentally and theoretically analyzed. As a result, the drift velocity of diffusion was larger with an increase in the light intensity of SWaP, and the tilt angles and tilt direction were rationalized. Finally, the author examined the ability of molecularly aligned polymer films fabricated by SWaP as an alignment layer, and prepared a thick free-standing film enough to act as an actuator. As a result, the molecularly aligned polymer film fabricated by SWaP acted as the alignment layer. Using this alignment layer, the author successfully fabricated a thick free-standing crosslinked polymer film with three-dimensional molecular alignment. This thick free-standing film exhibited thermal actuation and bent due to the difference between expansion and shrinkage depending on the alignment direction.

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).