

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Direct Patterning of Surface Topographies on Liquid-crystalline Polymer Films by Photopolymerization with Structured Light
著者(和文)	橋本彩有里
Author(English)	Sayuri Hashimoto
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12739号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宍戸 厚,山元 公寿,芹澤 武,下山 裕介,久保 祥一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12739号, Conferred date:2024/3/26, 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

(博士課程)  
Doctoral Program

## 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 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	橋本 彩有里		審査員主査： Chief Examiner	宍戸 厚	

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は、「Direct patterning of surface topographies on liquid-crystalline polymer films by photopolymerization with structured light (構造化光を利用した光重合による液晶高分子薄膜の表面構造制御)」と題して、液晶高分子フィルムの表面構造形成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、表面構造制御による機能発現や制御手法について説明するとともに、本研究の目的や意義について述べている。

第 2 章「Simultaneous Induction of Surface Relief Structures and Molecular Alignment by Patterned Photopolymerization (パターン光重合による分子配向と表面凹凸の同時誘起)」では、照射幅の異なるパターンを用いて光重合を行い、レリーフ構造を有する高分子フィルムの作製を検討している。レリーフ構造形成において、凹凸の高低差や形状が照射幅の影響を受けることを明らかにしている。さらに、複屈折と凹凸形状を詳細に調べること、分子配向と凹凸構造形成が分子の相互拡散現象と流動により同時に誘起されると考察している。

第 3 章「Direct Formation of Canal and Well Structures on a Surface of Polymer Films Induced by Photopolymerization with Structured Light (構造化光を用いた重合による溝・穴構造の形成)」では、パターン光重合に用いる照射幅を変化させた系において、偶然見出したマイクロメートルスケールの溝構造の形成挙動を検討している。光重合挙動のリアルタイム観察や画像解析、フーリエ変換赤外分光測定によるポリマー濃度の算出、分子配向方向の詳細な検討を行い、ポリマー濃度勾配に起因した液晶分子の異方拡散が溝構造形成の主要因であることを明らかにしている。さらに、照射する光パターンの非照射幅や形状を設計するだけで、穴構造や散逸構造、二次元に周期的に配列した凹構造など、より複雑な表面構造が形成することを見出している。

第 4 章「Evaluation of Thermo-responsive Behavior of the Liquid-crystalline Polymer Film with Canal and Well Structures (溝・穴構造を有する液晶高分子薄膜の熱応答性評価)」では、溝構造を有する液晶高分子フィルムの熱応答性を評価し、可逆的に表面形状が変化することを明らかにしている。また、異なる架橋剤濃度および液晶架橋剤を用いた材料系においても、溝構造が形成することを確認している。さらに、加熱冷却過程における分子配向評価から、構造体周辺の可逆的な分子配向変化が加熱による表面形状変化に大きく影響していることを明らかにしている。

第 5 章「Optical Diffraction Behavior of the Polymer Films with Canal Structures (溝構造を有する高分子薄膜の光回折挙動)」では、溝構造を有する液晶高分子フィルムの光回折挙動を検討している。室温において、溝構造に由来した周期的な光回折を示すことを明らかにしている。ポリジメチルシロキサンフィルムを用いた光回折挙動観察により、フィルム内の分子配向が回折光の偏波面依存性を引き起こすことを確認している。さらに、加熱冷却サイクルに応じて可逆的に光回折強度が変化することを見出している。回折効率の解析モデル構築を行い、表面形状が特異的な回折挙動を示すことを説明することに成功している。

第 6 章「Overall 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、光誘起分子拡散による新たな表面構造形成手法を提案し、これまで未開拓であったシングルマイクロスケールの複雑な構造を有する表面構造の一段階作製およびその形成メカニズム解明について述べている。さらに、構造体を有する液晶高分子フィルムの熱刺激応答性を評価し、熱応答性を有する光回折素子の創製に成功している。複雑かつ微細な分子配向および構造制御により、スイッチング機能を有するウェアラブル、フレキシブル光学材料の設計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).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 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： 橋本 彩有里  
Student's Name

申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学)  
Academic Degree Requested Doctor of  
審査員主査： 宍戸 厚  
Chief Examiner

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Precise control of surface topographies is well-known for development in a wide range of fields of mechanical, optical, and biomimetic applications. Especially, surface processing technologies using liquid crystals (LCs) have offered the advantages of fine control with non-contacting operation and reversibility of surface topographies under external stimuli such as heat, light, and electricity. One representative example is the utilization of photoresponsive dyes in LCs, which can induce various surface morphing behaviors based on photoinduced reactions and molecular orientation changes. However, size control in periods and depths of the surface topographies remains a challenge. In this thesis, the author investigated the formation of various surface topographies with heights ranging from nanometers to micrometers induced by simple photopolymerization with structured light. In addition to these investigations, the author demonstrated thermo-mechanical behavior and mechano-optical functions of these LC polymer films with the surface topographies.

The author demonstrated the formation of surface relief structures with nanometer in height on LC polymer films by patterned photopolymerization and investigated the detailed mechanism in terms of molecular alignment. By changing the periods of irradiated and non-irradiated areas in the light patterns, canal- and well-like structures with micrometers in depth were serendipitously formed. Various analyses, including real-time observation, image analysis, and Fourier transform infrared spectroscopy, were conducted to clarify the formation mechanism of such topographies. These investigations elucidated that anisotropic monomer diffusion based on the polymer concentration gradient was the main factor in forming canal structures.

The author investigated the thermo-mechanical responsiveness of the LC polymer films with canal and well structures, resulting in reversible changes in their heights. Utilizing these surface changes under heat, the author evaluated the thermally induced mechano-optical behavior of the films with canal structures as an optical diffraction element. The diffraction of the films exhibited reversible changes correlated with both surface structures and molecular alignment modifications.

This research will contribute to the development of a novel method for controlling surface topographies in LC polymer films and can be expected to fabricate next-generation switchable devices.

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).