T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	動的光重合法の開発と二次元分子配向パターン形成
Title(English)	Development of a scanning wave photopolymerization method and inscription of two-dimensional molecular alignment patterns
著者(和文)	久野恭平
Author(English)	Kyohei Hisano
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10857号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:宍戸 厚,穐田 宗隆,山元 公寿,西山 伸宏,田巻 孝敬
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10857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)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	久野　恭平	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	宍戸　厚　教授
		指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	西山　伸宏　教授

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は，一段階での二次元分子配向パターン形成が可能となる新規な分子配向技術「動的光重合法」の開発を目的としている。一定領域における光重合により，光照射領域と遮光領域の間で分子が拡散し，その流れを利用することで多種多様な分子を均一に配向できることを明らかにした。また，光の形状や動きを時空間的に制御することにより，従来法では作製困難な微細かつ大面積にわたる二次元分子配向を誘起した。さらに，作製した配向性フィルムが優れた光機能を有していることを明らかにした。

第一章「General Introduction（序論）」では，機能性ソフトマテリアル創製における分子配向制御の重要性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「Photopolymerization-Triggered Mass Diffusion Generating Molecular Ordering with Non-Polarized Light（非偏光を用いた光重合による分子拡散誘起と配向形成）」では，動的光重合法のコンセプトの基礎となる実験を行った。分子配向膜を利用せずにフォトマスクを介して単純な非偏光を照射したところ，光照射および遮光領域の境界において均一に分子が一方向へ配向することが明らかとなった。分子配向方向は，照射領域の境界線に対して垂直であり，フォトマスクの空間形状を設計するだけで，一次元および二次元の分子配向制御に成功した。特筆すべきは，放射状に配向した領域が 2 μm 程度まで微細化できた点である。これは従来の光配向技術と比較して，1/100,000 ほどの解像度であった。

第三章「Molecular Alignment over Large Areas in Various Chemical Systems by Scanning Wave Photopolymerization (SWaP)（動的光重合による多彩な化学種の大面積一軸配向誘起）」では，重合過程において光を動かすことにより，非平衡状態である分子拡散が定常化し，光移動に追随する形で分子配向を大面積化できることを明らかにした。物質拡散が配向誘起の駆動力であるため，配向可能な物質群の選択肢に制限が極めて少ない。実際に，多彩な化学種および重合反応において，均一な大面積一軸分子配向を形成することに成功した。さらに，酸素による重合阻害を受けないカチオン重合を用いることで，材料を塗布した状態でも動的光重合が適応できることが明らかとなった。これにより，従来技術では困難なフレキシブル基板上へ直接分子配向膜を形成することに成功した。

第四章「Investigation of Molecular Alignment Mechanism through Mass Diffusion during SWaP（光重合誘起分子拡散による配向形成機構の検証）」では，新たな実験系を設計することで，分子拡散による配向誘起について理論面および実験面から検討を行った。モノマーのみを含むサンプルと少量のポリマーを添加したサンプルの二種類を，ガラスセルの両端から同時に浸透しセル中央部で一定時間接触させた後，全面へ光照射を施した。接触領域において一軸方向に揃った分子配向が誘起でき，その配向距離が分子拡散の理論的な計算結果と一致することが明らかとなった。

第五章　「Arbitrary 2D Molecular Alignment Patterns by SWaP for Photonic Applications（動的光重合法による自在な二次元配向パターニングと光機能評価）」では，動的光重合の利点を最大限に活かすため，マスクを利用せずに多彩な光学パターンが照射可能な新たな光重合装置を導入した。これにより，高速かつ高解像度での光照射が可能となり，既存技術では実現困難な大面積にわたる微細な二次元分子配向パターンを一段階で形成することに成功した。放射状や同心円，面内らせん配向また文字に沿った複雑な分子配向など様々な配向パターンの形成に成功した。さらに，作製したフィルムの光機能を評価したところ，従来技術では発現困難な特異な偏光変換や光回折機能を有することが明らかとなった。

第六章　「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，光重合による物質拡散を駆動力とした新規配向制御技術「動的光重合法」を開発した。シンプルな組成の重合用試料を用いて，分子拡散が配向誘起の主要因であることを明らかにした。マスク不要な光重合装置を用いて，自在な光照射を行うことにより，多彩な二次元配向パターンの形成に成功した。重合可能な材料系や基板の選択肢が極めて広いため，様々な機能性ソフトマテリアル創製の基盤技術となり得る。

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

専攻： Department of	化学環境学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	久野　恭平	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	宍戸　厚　教授
		指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	西山　伸宏　教授

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

The purpose of this thesis is to develop a new dye-free optical method to macroscopically, two-dimensionally (2D) align LCs in polymeric systems. Here, the author proposed a concept of scanning wave photopolymerization (SWaP) using spatiotemporal scanning of focused guided light. This scanned light enabled to propagate the polymerization reaction region triggering a mass flow; consequently, the flow generated arbitrary LC alignment coincident with the incident light patterns.

In Chapter 2, the author serendipitously discovered a key related phenomenon achieving the concept of SWaP. A simple photopolymerization through a photomask with unpolarized light and no alignment layer resulted in generating uniform one-dimensional (1D) or 2D molecular alignment arising from 1D molecular diffusion along the normal vector to the edge line of the irradiated region. Furthermore, the photopolymerization through a patterned photomask realized the generation of microscopic 2D radial molecular alignment with a resolution of 2 μm.

In Chapter 3, the author explored to generate molecular alignment patterns over large areas. As a first transition step and for ease of characterization, photopolymerization with a 1D scanned slit light was conducted. Optical measurements such as polarized optical microscopy, polarized UV-vis spectroscopy, and polarized IR spectroscopy revealed that the resultant film had macroscopic, in-plane 1D alignment of both LC units and polymer main chains along the light scanning direction. Of particular interest here is such 1D alignment could be generated by SWaP in a wide variety of chemical systems with various combinations of monomers, crosslinkers and photoinitiators.

In Chapter 4, the author designed a test system for proving that the dominant driving force for generating molecular alignment by SWaP is a diffusion-triggered mass flow. In the system, molecular diffusion was caused merely by contacting two different mixtures injected into a glass cell from separate sides where one included a monomer and a photoinitiator, and the other additionally included a small amount of polymer. The whole cell was normally irradiated with UV light to cause uniform photopolymerization. The polymerized film exhibited 1D molecular alignment at the boundary. The alignment length had good agreement with that of theoretically estimated from Fick's law of diffusion.

In Chapter 5, the author developed an optical setup for achieving SWaP with a mask-free spatiotemporally arbitrarily scanned light that allows one to optically inscribe arbitrary 2D molecular alignment patterns over large areas in a single step. Various 2D alignment patterns such as arrays of radial alignment, azimuthal alignment, in-plane alignment, and spay-bent alignment along the light scanning direction were inscribed, and showed unique optical functionalities with potential to open a window for developing various photonic 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 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). Attention: Thesis Summary will be