

Title	有機分子・高分子の光誘起高次構造制御とフォトニック結晶への応用に関する研究
Author(s)	松井, 龍之介
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44878
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	まつい たつのすけ 松井 龍之介		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 18722 号		
学位授与年月日	平成16年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子工学専攻		
学位論文名	有機分子・高分子の光誘起高次構造制御とフォトニック結晶への応用に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 吉野 勝美		
	(副査) 教授 栖原 敏明 教授 尾浦憲治郎 教授 森田 清三 教授 八木 哲也 助教授 尾崎 雅則		

論文内容の要旨

本論文は、様々な有機分子・高分子を用いた光誘起高次構造制御とそれによるフォトニック結晶の作製、更にレーザー応用などについての研究成果をまとめたもので本文10章から構成されている。

第1章では、本研究で用いたフォトクロミック分子、液晶、導電性高分子等の機能材料の性質について概観し、それらの光誘起構造制御、更にフォトニック結晶への応用がいかに重要であるかを述べ、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、アゾ高分子薄膜上への光誘起表面レリーフグレーティングの作製と、その緩和過程について述べ、回折効率の温度依存性、偏光依存性、吸収変化などの測定からそのメカニズムについての詳細な検討を行っている。

第3章では、分布帰還型レーザー素子の簡便な作製方法として、干渉光によるアゾ高分子薄膜上の光誘起表面レリーフグレーティングを用いたものを提案し、透明高分子材料への転写、更にその導電性高分子との複合系において光励起によるレーザー発振に成功したことを述べている。

第4章では、励起光パルスの過渡的な干渉場を利用したレーザー素子への応用について検討し、導電性高分子としてMDDO-PPVを用い、一次の回折条件下におけるレーザー発振に成功したことを述べている。

第5章では、前章の技術を応用し、レーザー色素をドーブしたネマティック液晶を導入したサンドイッチ型セルを、液晶層をコア層としたスラブ型導波路として見立て、液晶分子の電界誘起再配向にもとづく実効屈折率変化を利用したレーザー発振波長の制御に成功したことを述べている。

第6章では、電界印加時におけるTM導波モードの数値解析による、前章で述べた実験結果のより詳細な検討を行っている。

第7章では、一次元螺旋周期構造を自己組織化的に形成するコレステリック液晶の中でも、光重合により固体化するものを用いたフレキシブルなレーザー素子を提案し、これを実証している。

第8章では、紫外線硬化樹脂、液晶相溶系における光誘起相分離を利用したナノ周期構造の作製と、チューナブルフォトニック結晶への応用を検討している。

第9章では、 $N^* \cdot SmC^*$ 相系列を示す強誘電性液晶とアゾベンゼンとの複合系における、光誘起層構造制御を提案

し、実証している。

第 10 章では、第 2 章から第 9 章までの研究結果を総括して本研究の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は 21 世紀の光技術を支える基盤技術として期待されているフォトニック結晶を有機分子・高分子に光誘起表面レリーフグレーティング、ホログラフィ技術などを活用して作製し、その性質とレーザーへの応用に関して行った研究をまとめたもので、得られた主な成果を要約すると次の通りである。

(1) アゾ高分子薄膜上へ干渉光を照射し光誘起表面レリーフグレーティングを作製した後、書き込み光照射を停止すると、その後の暗状態においても回折効率の上昇が見られることを見だし、これがアゾ高分子の暗状態における緩和現象に起因するものであることを明らかにし、詳細なメカニズムの検討を行っている。その結果、二成分緩和過程が存在し、速い緩和は側鎖アゾベンゼンの *cis-trans* の熱的緩和であり、遅い緩和はディスオーダーからオーダーへの配向緩和であることを明らかにしている。

(2) アゾ高分子薄膜上表面レリーフグレーティングの透明高分子材料への転写を行い、更にそれと導電性高分子を複合化して分布帰還型レーザー素子を作製し、光励起によってレーザー発振に成功している。

(3) 光パルスの過渡的な干渉場を利用したレーザー素子への応用について検討し、導電性高分子として **MDDO-PPV** を用いた場合には、一次の回折条件下においてレーザー発振が可能であることを実証している。

(4) レーザー色素をドーブしたネマティック液晶を導入したサンドイッチ型セルを、液晶層をコア層としたスラブ型導波路として見立て、これを光励起することにより液晶分子の電界誘起再配向にもとづく実効屈折率変化を利用したレーザー発振波長の制御に成功し、チューナブルレーザーの実証を行っている。

(5) チューナブルレーザーの実験結果のより詳細な検討を行うために、電界印加時における **TM** 導波モードの数値計算を行っている。その解析結果から、印加電界増加に伴う発振波長の長波長シフトは実効屈折率の増加によるもの、多モード発振化は高次のモードの出現によるもの、また高電圧印加時におけるレーザー発振の消失は、高次のモードの閉じ込め効率の悪さに起因するものであることを明らかにしている。

(6) 一次元螺旋周期構造を自己組織的に形成するコレステリック液晶の中でも、光重合により固体化するものを用い、フレキシブルなレーザー素子としての応用を提案し実証している。光励起により、ストップバンド端での群速度異常にもとづくレーザー発振はフィルムの変形時においても観測され、さらに発光の集光効果についても実証している。

(7) 紫外線硬化樹脂、液晶相溶系における光誘起相分離を利用した周期構造の作製と、チューナブルフォトニック結晶への応用を検討し、その簡便な作製方法として回折光学素子を用いたものが可能であることを示し、更に、回折光の電界制御にも成功している。

(8) **N*·SmC*** 相系列を示す強誘電性液晶とアゾベンゼンとの複合系において、光誘起による層構造の制御が可能であることを示し、干渉光照射によるグレーティング構造の書き込みなども実証している。

以上のように、本論文は、フォトクロミック分子、液晶、導電性高分子等様々な有機分子・高分子を用いた光誘起高次構造制御とそれによるフォトニック結晶の作製が可能であることを示し、高精度のチューナブルレーザーも実証しており、電子工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。