

Title	架橋された液晶構造体を用いた光学素子に関する研究
Author(s)	井上, 曜
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59932">https://hdl.handle.net/11094/59932</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

【161】

氏名	井上 曜
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 26227 号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学位論文名	架橋された液晶構造体を用いた光学素子に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 尾崎 雅則 (副査) 教授 片山 光浩 教授 栖原 敏明 教授 伊藤 利道 教授 森 勇介 教授 近藤 正彦 教授 大森 裕 教授 八木 哲也

## 論文内容の要旨

液晶は、有機化合物の中でも際立った自己組織性(集団的分子配列能)を示す材料系であり、その秩序構造は次元から三次元まで多岐にわたり形成されるため、様々な機能性を持つ低コスト光学デバイスとしての応用が期待されている。しかしながら、実際に光学デバイスへの応用を考える際、液晶には、電気光学効果の応答速度が非常に遅い(10 ms程度)という欠点がある。また、より複雑な秩序を有する液晶においては、応答速度の問題だけでなく、電界によって秩序構造体の特性を制御することが非常に困難であり、単純な秩序を持つネマティック液晶を除き、ほとんどの液晶材料においてその性能を最大限に引き出すことができていない。そこで、本博士論文では、光架橋性液晶を用いた液晶構造体を利用することで、ネマティック液晶の応答速度の改善(第2章)、螺旋周期構造を形成するコレステリック液晶の電界による特性制御と応答速度の改善(第3章)、及び螺旋周期構造を利用したレーザーデバイスの作製(第4章・第5章)に取り組んだ。

第1章では、本論文で着目した液晶の電気光学効果、コレステリック液晶、及び光架橋反応についての基礎事項を概説した。第2章では、液晶モノマー/液晶混合系において、光重合相分離を引き起こすと、液晶の秩序性により両者の間の相分離が著しく抑制されることを見出した。この技術により作製された素子の電気光学特性を測定すると、一般的な液晶と同程度の屈折率変化量(0.11)を維持しながら、応答速度において従来に比べて2桁速い $200 \mu\text{s}$ の立下り時間が達成された。第3章では、螺旋周期構造に由来する可視光域の帯域反射特性を示すコレステリック液晶において、電気的な反射帯域の制御及び、その応答速度の改善に取り組んだ。直径26 nmの液晶液滴を持つ架橋された螺旋構造体に、電界を印加することで、反射バンド波長の変化が観察された。また、ナノサイズの空間に閉じ込められた液晶の再配向は非常に速く、 $10 \mu\text{s}$ 以下の立下り時間が実現された。第4章では、第3章において検討された螺旋秩序有する架橋構造/液晶複合系に色素を溶かし込んだ分布帰還型レーザー素子を作製し、電界によって、33 nmの波長範囲で連続的なレーザー発振波長の制御を実現した。第5章では、架橋されたコレステリックフィルムを用いることで、積層型のレーザーデバイスを作製し、チューナブルシングルモード発振を実現した。積層型コレステリック液晶レーザーのスロープ効率は従来 $1.5$ 倍に改善され、 $16\%$ を達成した。第6章では、第2章から第5章までで得られた、液晶における自己組織性と光架橋反応を組み合わせた光学素子の作製技術に関する研究成果を総括し、本研究の結論とした。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、光架橋性液晶からなる架橋構造体と液晶との複合系を用いた光学素子に関する研究を行い、その成果をまとめたものであり、以下の6章より構成されている。

第1章では、本研究の背景を述べるとともに、本論文の目的と意義を明らかにしている。さらに、本論文で取り上げる液晶の電気光学効果と光架橋性液晶が形成する秩序構造体について概説したのち、本論文の構成を述べている。

第2章では、光架橋性液晶を用いて形成する架橋構造体と液晶との複合系における電気光学特性の検討を行っている。液晶性モノマーと液晶との混合系に光重合相分離を起こすことにより、モノマー濃度が $30\text{wt}\%$ の低濃度条件においても、架橋構造体内部に大きさ数十nmの液晶球滴が分散した構造が実現できることを見出している。また、この構造体の電気光学効果の立下り時間が $200\mu\text{s}$ と従来素子に比べて2桁早く、電界印加による屈折率変調量が $0.11$ と従来素子と同程度であることを見出している。

第3章では、コレステリック相を示す光架橋性液晶とコレステリック液晶との混合系から光重合相分離を行うこ

とにより、大きさが $26\text{nm}$ 程度の液晶球滴を含む螺旋構造架橋構造体/液晶複合系が実現できることを明らかにしている。この複合系において、光散乱がなく螺旋構造に起因する選択反射バンドを呈することを確認し、液晶球滴内の液晶分子を電界印加により再配列させ複合系全体の実効屈折率を変化させることにより、選択反射のバンド端波長を制御することに成功している。さらにその応答時間が、従来の液晶素子に比べて3桁速い $10\mu\text{s}$ 以下であることを確認している。

第4章では、第3章で作製した螺旋構造を有する架橋構造体/液晶複合系内に色素を添加することにより、分布帰還型レーザー素子を作製し、電界印加によるレーザー波長の制御を行っている。その結果、従来の螺旋構造の変歪に基づくレーザー発振波長の制御とは異なり、電界印加により発振特性を損なうことなく、しかも連続的に発振波長の制御が可能であることを明らかにしている。

第5章では、コレステリック相を示す光架橋性液晶を光重合することにより作製した螺旋構造を有する架橋構造体を積層させ、その間に色素を挿入する構造のレーザー素子を提案しシングルモード発振を実現している。また、従来のコレステリック液晶螺旋構造内に色素を添加するものと比べて、色素材料の選択範囲が広がり $16\%$ のスロープ効率を達成している。

第6章では、第2章から第5章までで得られた結果を総括し、本論文の結論としている。

以上のように、本論文は、光架橋性の液晶を用いて作製した架橋構造と液晶との複合系を構築することにより、高速応答性の電気光学効果や波長可変レーザー素子を実現しており、高分子/液晶複合体の形成に液晶性モノマーを活用することの有効性を実証している。それにより液晶の非ディスプレイ応用の新しい展開を示しており、電気電子情報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。