



Title	欠陥を有する一次元フォトニック結晶の光機能デバイス応用に関する研究
Author(s)	尾崎, 良太郎
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45905">https://hdl.handle.net/11094/45905</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">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名	尾崎 良太郎
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19522 号
学位授与年月日	平成 17 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	欠陥を有する一次元フォトニック結晶の光機能デバイス応用に関する研究
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

本論文は欠陥を有する一次元フォトニック結晶の光機能デバイス応用に関する研究結果をまとめたもので全八章から構成されている。

第一章では、フォトニック結晶と液晶の基本的性質について概説するとともに、フォトニック結晶の代表的な理論解析法を述べ、本論文の目的と意義を明らかにした。

第二章では、液晶欠陥層を導入した一次元フォトニック結晶の局在準位波長の制御について述べ、一次元フォトニック結晶にネマチック液晶欠陥層を導入した系の光伝搬特性を理論計算によって解析し、欠陥層の液晶分子の配向変化を利用した局在準位波長の制御を検討した。実際に、液晶欠陥層を導入した素子を作製し、一次元フォトニック結晶の局在準位の測定を行い、電圧印加に伴う欠陥層の液晶分子の配向制御によって局在準位が変調可能であることを実証した。

第三、四章では、フォトニック結晶の光の閉じ込め効果と液晶欠陥層の導入による局在準位波長のシフトを利用したレーザー発振および発振波長の電界制御について検討した。液晶欠陥層に第三章では色素を添加し、第四章では導電性高分子を発光層として導入し、励起することで、局在準位からのレーザー発振を行い、更に、液晶欠陥層に数ボルト程度の電圧を印加することで、レーザー発振波長の電界制御が可能であることを実証した。

第五章では、液晶欠陥層を有する一次元フォトニック結晶のフォトニックバンドギャップと液晶配向制御による局在準位波長のシフトに基づく高速光スイッチングについて検討した。ミリ秒応答のネマチック液晶を用いたスイッチング素子であるにも関わらず、応答速度はマイクロ秒程度の高速光スイッチングが可能であった。

第六章では、液晶欠陥層を有する一次元フォトニック結晶の局在準位波長の偏光制御について検討した。液晶欠陥層を有する一次元フォトニック結晶の透過光の偏光特性を調べ、インプレーン電極を用いて液晶分子の配向方向を変化させることで、偏光の制御が可能であることを実証した。

第七章では、ねじれ欠陥を有するコレステリック液晶のレーザー発振について検討した。光重合コレステリック液晶を用いてねじれ欠陥を導入し、コレステリック液晶に添加した色素を励起することによって、ねじれ欠陥導入により発現した局在準位からのレーザー発振に成功した。

第八章では、本研究結果を総括し、本研究の結論とした。

### 論文審査の結果の要旨

光の波長程度の周期構造を有するフォトニック結晶、特に欠陥を導入したフォトニック結晶はオプトエレクトロニクスに画期的な進展をもたらすものと期待されているが、フォトニック結晶の作製、中でも制御された欠陥の導入は難しく、その持てる可能性を十分に發揮できる状況にはなっていない。そのような背景の中、本論文では制御された欠陥の導入が一次元周期構造で比較的容易に行えることに着目し、その作製と特性、特にチューナブルフォトニック結晶としての性質を詳しく研究しており、得られた主な成果を要約すると次の通りである。

- (1)  $\text{SiO}_2$  と  $\text{TiO}_2$  薄膜を多層積層した一次元フォトニック結晶に液晶欠陥層を導入した系の光伝搬特性の数値解析を行い、欠陥層の液晶分子の配向変化を利用した局在準位波長の制御が可能であることを示し、また、実際に、液晶欠陥層を導入した一次元フォトニック結晶を作製し、電圧印加に伴う欠陥層の液晶分子の配向制御によって局在準位が変調可能であることを実証している。
- (2) フォトニック結晶の光の閉じ込め効果と液晶欠陥層の導入による局在準位波長のシフトを利用したレーザー発振および発振波長の電界制御を提案し、実際に、局在準位からのレーザー発振波長が、液晶欠陥層に数ボルト程度の電圧を印加することで、広い波長範囲で制御可能であることを実証している。
- (3) 導電性高分子を活性層とし、液晶を変調層として導入した一次元フォトニック結晶の局在準位からのレーザー発振を提案し、導電性高分子活性層を光励起することでレーザー発振させ、電圧印加による液晶の配向変化を利用してレーザー発振波長の電界制御が可能であることを実証している。
- (4) 液晶欠陥層を有する一次元フォトニック結晶のフォトニックバンドギャップと液晶配向制御による局在準位波長のシフトに基づく高速光スイッチングを提案し、ミリ秒応答の液晶のスイッチング速度をマイクロ秒程度まで高速化することに成功している。
- (5) 液晶欠陥層を有する一次元フォトニック結晶の局在準位波長の偏光が、インプレーン電極を用いて液晶分子の配向方向を変化させることで、制御可能であることを実証している。
- (6) 光重合コレステリック液晶を用いて、ねじれ欠陥が導入可能であることを実証し、さらにコレステリック液晶に色素を添加して光励起することによって、ねじれ欠陥導入により発現した局在準位からのレーザー発振が可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は欠陥を有する一次元フォトニック結晶を用いて電圧によるチューナブルレーザー発振、高速光スイッチングなどさまざまな高性能光機能デバイスが実現できることを実証しており、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。