

## 2.4.1 分子機能材料・デバイス

尾崎雅則

電気電子情報工学専攻・教授  
部門長

### 2.4.1.1 はじめに

本研究室では、液晶、共役系高分子などの分子材料を用いた、新しいエレクトロニクス・フォトンクス材料・デバイスの可能性を探求している。特に、自己組織化や大きな外場応答性などの分子の性質を積極的に活用した分子機能材料・デバイスを開発している。

### 2.4.1.2 液晶の物性解明と配向制御による機能デバイス応用に関する研究

#### (a) エキゾチック液晶の構造・物性解明と機能化

コレステリックブルー相など三次元ナノ構造を自己組織的に形成するような、これまでの液晶とは異なる興味深い液晶材料の構造・物性を解明し、その機能応用の可能性を探究している。特に、コレステリックブルー相の三次元ナノ周期構造をテンプレートとして、あるいはその構造自体を活用したフォニック結晶の構築や、高速光スイッチングデバイス、レーザーデバイス等への応用を検討している。

#### (b) 新しい配向技術の確立と機能光学デバイスへの応用

干渉露光やレーザー直接描画法などの光書き込み技術を駆使して、従来のラビング法、光配向方法では実現できないサブミクロンサイズの微細領域における、液晶分子の配向制御手法の開拓を行っている。本手法を用いて液晶にサブミクロンオーダーの配向性を付与することにより、液晶自身の持つ自発的な配向特性との競合を誘起し、新たな分子配向状態の実現が期待でき、メモリー性を有するディスプレイや新たな原理に基づくディスプレイ、光スイッチングデバイスが可能となる。また、任意に液晶分子の配向方向を制御可能となるため、多機能な偏光制御デバイス等のアクティブ光学素子も実現できる。

#### (c) 光学プローブを駆使した液晶の配向解析手法の開発

共焦点蛍光顕微鏡を用いて、液晶デバイス内の液晶分子の三次元配向状態を解析する手法を開発している。特に、フェムト秒レーザー光を光源とした二光子励起共焦点顕微鏡を用いることにより高い空間分解能で、しかも液晶分子の配向ゆらぎによる影響を抑えた分子配向状態の解析が可能となる。

### 2.4.1.3 分子エレクトロニクス・フォトンクスデバイスの開発

#### (a) 有機薄膜太陽電池の高効率化に関する研究

我々のグループが世界で初めて提案した $\pi$ 共役系高分子/フラーレン複合体における光誘起電荷移動に基づくドナー・アクセプター型有機薄膜太陽電池の高効率化に関する研究を推進している。特に、制御された相互浸透ネットワーク構造のナノスケールでの構築を始め、種々の素子構造の検討、新規材料・複合系の探索などを行っている。また、高効率化に向けて励起子ダイナミクスの解明に関する研究も行っている。

(b) マイクロ共振器構造の構築と有機レーザーに関する研究

DFB構造はもとより、マイクロキャピラリー、マイクロリングなどのマイクロ共振器構造における $\pi$ 共役分子・高分子レーザーの開発を行っている。種々の新規材料、素子構造における発光特性測定、電磁界解析による導波モード解析などの手法を駆使して、電流注入レーザーを見据えた低閾値化を試みている。さらに、電流注入レーザー実現のための電気伝導性と高輝度発光特性の両立に向けた、材料探索、素子構造の提案などを行っている。

(c) 有機トランジスターに関する研究

分子の自己組織化能を積極的に活用した有機トランジスターの開発を行っている。これまで、棒状液晶分子、ディスコティック液晶分子の電子輸送過程に関する研究を行ってきたが、その知見をもとに、自己組織化能により大面積単一ドメイン素子を実現し、高移動度トランジスターの開発を行っている。

#### 2.4.1.4 分子に基づく機能性フォトニック結晶の実現と機能応用デバイスに関する研究

(a) 分子フォトニック結晶、自己組織化フォトニック結晶の実現と物性評価

コレステリック液晶、キラルスメクチック液晶、コレステリックブルー相液晶等のキラル液晶のナノサイズ螺旋周期構造を活用したフォトニック結晶の構築とデバイス応用に関する研究を行っている。特に、バンド端の群速度異常を活用したレーザー発振やキラル螺旋構造に特徴的なフォトニック欠陥構造の導入による光局在を利用したデバイス開発を行っている。

(b) チューナブルフォトニック結晶材料・デバイスの開発

光機能性有機分子・高分子の外場応答性を利用して、フォトニックバンド構造を制御可能な材料・デバイスの探索を行っている。例えば、三次元フォトニック結晶として人工オパール・反転オパールを採用し、それらと液晶、 $\pi$ 共役系高分子、フォトクロミック分子などを複合させることにより、光・電界によりバンド構造を制御可能なデバイスの開発を行っている。

(c) 有機・無機ハイブリッドフォトニック結晶の提案とデバイス応用に関する研究

無機フォトニック結晶内に欠陥構造として $\pi$ 共役系高分子、液晶などの光機能性分子・高分子を導入し、電界・光により光局在を制御可能な光デバイスの開発を行っている。例えば、大きな光学的異方性を有する液晶分子を欠陥内に導入することにより、偏光回転制御素子、可変バンドパスフィルター素子、高速光スイッチング素子、可変分散制御素子などの開発を行っている。

(d) チューナブル・プラズモニック結晶の開発

$\pi$ 共役系分子・高分子を用いることにより電界、光によってチューナブルなプラズモニック結晶に関する研究を行っている。