

# 液晶ブルー相の動的特性解析および光学材料への応用に関する研究

林, 起煥

<https://doi.org/10.15017/1441280>

---

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名：林 起煥 (Lim Gihwan)

論文題名：液晶ブルー相の動的特性解析および光学材料への応用に関する研究

区 分：甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

液晶は固体(結晶)と液体の中間的な状態で、液体のような流動性と共に結晶のような異方性を示し、自己組織的な配列構造によって様々な相を呈することが知られている。分子の平均方向のみが揃っているネマチック相にキラリティを有する分子(キラリ剤)を導入すると、分子の配向ベクトルに一軸性のねじれ(単純ねじれ)が誘起されコレステリック相が発現する。この分子の方向が  $360$  度ねじれる周期長はらせんピッチと呼ばれる。ブルー相 (BP) はこのコレステリック相のらせんピッチが可視光波長程度と短い時に、等方相近傍の極狭い温度領域 (典型的には  $1$  K 程度) に発現する相であり、光学的に等方性であることやディスクリネーションと共存することを特徴とする。BP の中でモノマーを光重合することにより高分子凝集体を位置選択的に形成させて BP の安定な温度範囲を拡大したのが高分子安定化ブルー相 (PSBP) で、その発現温度範囲は  $60$  K 以上と広く、従来の液晶より高速の電気複屈折効果を示す。この優れた電気光学特性から次世代の表示素子や光学変調素子への応用が期待されている。しかし、これら応用の実現のためには、PSBP の動的特性などの基礎的な物性の理解が不可欠である。

本論文では、PSBP の低温での電気光学応答性や誘電緩和挙動などの動的特性、BP および PSBP の電気光学特性に及ぼす液晶分子のアルキル鎖長の影響を評価した。さらに二周波駆動液晶の周波数特性に注目し、新規二周波駆動ブルー相の光学材料への応用を試みた。

第 1 章では、BP および PSBP の研究背景、本研究の目的、および本論文の構成について述べた。

第 2 章では、様々な高分子濃度で調製した PSBP の電気光学 Kerr 効果を幅広い温度範囲で測定し、低温で Kerr 効果が急速に低下することを見出した。また、冷却に伴い電気光学応答時間  $\tau_{EO}$  は徐々に大きくなり、その温度依存性は Arrhenius 則に従うことを確認した。一方、誘電緩和測定から得られる液晶分子の回転緩和時間  $\tau_{DR}$  は冷却により徐々に大きくなるが、 $\tau_{DR}$  の温度依存性は Arrhenius 則ではなく Vogel-Fulcher 則に従った。すなわち、

ダイレクターと液晶分子の応答は異なる運動モードに基づくことが示唆された。PSBP 中では界面アンカリング効果により液晶ダイレクターの回転を抑制する高分子凝集体が、周期的ディスクリネーションに沿って密に存在しており、低温での液晶の電場相関長の増加によってダイレクターが急速に束縛され Kerr 係数が減少したと考えられる。

第 3 章では、直鎖アルキルシアノビフェニル (n-CB) 分子を含むキラルネマチック液晶混合物を用いて BP および PSBP を作成し、液晶分子のアルキル鎖の長さやその炭素数の偶奇性が電気光学特性に及ぼす影響を述べた。その結果、高分子安定化によって駆動電圧とヒステリシスが增加すること、および、アルキル鎖の炭素数が奇数の時、BP および PSBP の立ち上がり電気光学応答が高速になり Kerr 係数も大きくなることが確認された。さらに、BP と PSBP の立ち上がり時間は Kerr 係数に対して負の相関を示した。

第 4 章では、二周波駆動ブルー相(DFBP)による電気光学素子の作製を検討した。まず垂直配向と水平配向の二種類のセルを用い、3 種類の二周波駆動液晶の誘電緩和特性を確認した。周波数の上昇に対して誘電異方性  $\Delta\epsilon$  の正から負へ変化が最も大きかったホスト液晶にキラル剤を添加した DFBP が、高分子で安定化しなくても 8.5°C と広い温度範囲で BP を発現することを見出した。更に、ITO ガラスによるサンドイッチセルで偏光板を用いず DFBP による光学スイッチング素子を作製した。従来の電圧 On-Off による電圧駆動と今回開発した周波数の切り替えによる二周波駆動を比較した結果、二つの駆動方式はほぼ同じコントラストとサブミリ秒の高速の応答を示した。この素子による光学スイッチングの駆動原理として、光学位相変化による干渉と光散乱・吸収変化による透過光強度の減少が予想される。本系では、電場の印加に対して透過スペクトルが波長シフトを示さず、透過光の増大と同時に散乱光が減少したため、透過光の変化は干渉条件の変化ではなく散乱強度の変化に起因していることが示唆された。これは DFBP 内に存在する屈折率の不均一性が印加電場で抑制され散乱光強度が低下して透過光が増大したと考えられる。そのため、この動作原理は全ての可視光波長の光に使用可能で、応答時間が Kerr 効果と同等で、偏光板が不要な光スイッチングと言える。今後、駆動電圧を低減できる効果的な二周波駆動のためには低温駆動を実現する DFBP の高分子安定化が望まれる。

最後に、第 5 章では、本研究で得られた結果を総括して結論とした。