

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2007 年度～2009 年度
 課題番号：19350096
 研究課題名（和文） 電界印加によって誘起される等温的コレステリックスメクチック相転移の研究

研究課題名（英文） Study on the cholesteric-smectic isothermal phase transition induced by application of electric field

研究代表者

佐々木 健夫 (SASAKI TAKEO)
 東京理科大学・理学部・准教授
 研究者番号：80261501

研究成果の概要（和文）：3環系メソゲンを有し、さらにメソゲン側部に塩素置換基を有するキラル液晶を合成した。この液晶に等温下で電界を印加すると、フォーカルコニック状態への転移を生じた。転移後の相では、扇状の組織が見られた。また、電界印加で相転移した後に、その印加電界を交流矩形波にすると、液晶は応答の速い明暗のスイッチングを示した（このとき、液晶分子の向きが電界の向きに応じて 14° 程度可逆的に変化していた）。このスイッチングの応答時間は $600 \mu\text{s}$ 程度と高速であった。転移した相は 5 nC/cm^2 程度の自発分極を示した。これらことから、転移した相は強誘電相であると考えられる。印加電界を切ると液晶は速やかにもとのコレステリック相に戻った。以上のように、この液晶は電界の印加によって通常のコレステリック相から強誘電性を示す相に可逆的に転移する。そして電界によって転移した相は電界の極性によって自発分極のスイッチングを生じるため、この液晶はコレステリック相⇄上向き電界状態⇄下向き電界状態という3状態間のスイッチングが可能である。

研究成果の概要（英文）：A series of cholesteric liquid crystals possessing three ring structure as a mesogenic unit was synthesized. The liquid crystal exhibited an isothermal phase transition from planer phase to focal conic phase when an electric field was applied to the LC. The focal conic phase showed electro optical switching. The response time of the electro optical switching was about 600 micro s. The focal conic phase exhibited a spontaneous polarization of 5 nC/cm^2 . Those results indicate that the focal conic phase was a ferroelectric phase. Thus, It was shown that the cholesteric LC synthesized in this study exhibits isothermal phase transition from cholesteric phase to ferroelectric phase. The cholesteric LC shows three-states electro optical switching under application of electric field.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	11,300,000	3,390,000	14,690,000
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計			

研究分野：化学

科研費の分科・細目：材料化学・機能材料・デバイス
キーワード：液晶材料・素子

1. 研究開始当初の背景

コレステリック液晶の電界応答に関しては、1980年頃までは、表示デバイス関連の開発の一環として活発に研究が行われたが、近年では報告は乏しい。また、単一化合物でプレーナー状態／フォーカルコニック状態の電界相転移を示す化合物の探求は行われていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、申請者らが見出した「液晶への電界印加によって等温的に誘起されるコレステリック相からスメクチック相への相転移現象」について検討を行った。この現象は、今までに知られているコレステリック相の電傾効果等の電界応答とは全く異なっており、理学的視点から興味深いだけでなく、新しい方式のディスプレイをはじめとする様々な応用が可能な、有用な現象であると考えられる。

棒状分子から成るサーモトロピック液晶は、温度を変えることによってネマチック相やスメクチック相など構造の異なるいくつ

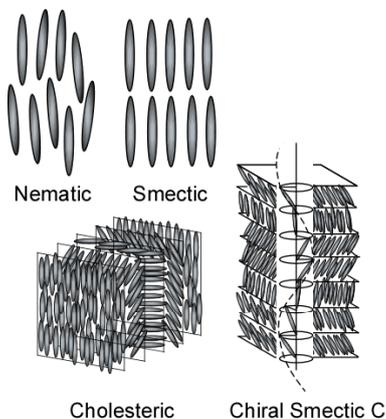


図1 コレステリック相とSmC*相

かの相へ転移する(図1)。

ネマチック相はスメクチック相よりも分子配向の秩序性が低く、スメクチック相よりも高温で現れる。また、液晶に不斉構造を導入すると、その液晶相の構造にらせん状の構造が現れることがある(図1)。不斉構造の導入によってネマチック相はコレステリック相に、スメクチックC相はキラルスメクチックC相(SmC*相)になり、選択反射や強誘電性などの特異的な性質を示す。

申請者は、不斉部位を有するスメクチック液晶の、スメクチック相よりも高温側に現れ

るコレステリック相の電界応答について検討を行った。その結果、ある一群の液晶が、電界の印加にともなってコレステリック相からスメクチックC相への等温的相転移を生じることを見出した。文献調査だけでなく液晶学会でも確認してみたが、このような等温的相転移は過去に報告が見つけられない。

3. 研究の方法

等温的コレステリックスメクチック電界誘起相転移現象は、電界によってコレステリック相のらせんがほどけ、さらに層構造を持つスメクチック相に転移する現象である。コレステリック相への電界印加によってらせんが消失し、ネマチック相に転移する現象は過去に報告がある。コレステリック相はネマチック相に分子配向のらせん軸が発生したものであるから、その転移はネマチック相の構造変化とも言える。しかし、本研究で見出した電界相転移では、コレステリック相のらせん軸消失の後、さらに層構造が形成されている。つまり、電界の印加によって、相の対称性の低下が生じている。それは電界による分子運動の束縛が冷却のような効果をもたらしているように見える。おそらく、液晶のみの性質として現れるものではなく、液晶セルに塗布された液晶配向膜(ポリイミド)との相互作用が大きな役割を果たしていると考えられる。

本研究は、

- ①等温的電界誘起相転移のメカニズムを明らかにする。
- ②等温的電界誘起相転移を示す液晶の分子

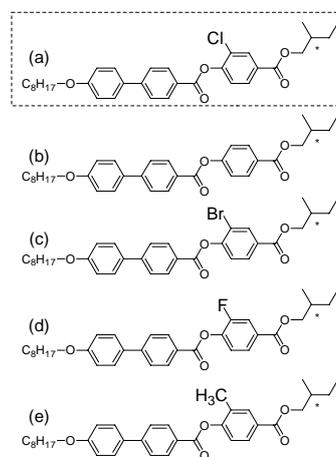


図2 本研究で合成した液晶

構造を明らかにする。
という2つを柱とした検討を行った。

4. 研究成果

図2に示す三環系のスメクチック液晶化合物のコレステリック相の電界応答について検討を行った。目新しい構造のものではないが、この系統の液晶のコレステリック相の電界応答に関してはあまり関心が持たれず、ほとんど研究がなされていなかった。この液晶は反強誘電相を示さない。まず、この液晶を加熱し、相転移の様子を偏光顕微鏡で観察すると、結晶相からSmC*相、SmA相、コレステリック相という相転移を示した。最も高温側の相は、偏光顕微鏡下で等方的な青みがかかった状態として観察され、さらにオイリーストリック組織が見られたため、コレステリック相と考えられる。また、X線回折測定の結果からも、SmC*相、SmA相、コレステリック相という相系列が支持された。この液晶を、セルギャップ2 μm のポリイミド配向膜付きITO電極セルに注入し、コレステリック相の電界応答を調べた。この液晶には、大きな双極子モーメントは無く、電界応答は小さいであろうと考えていたが、電界を印加すると、温度は一定であるにも関わらず、別の相への相転移を生じた。転移後の相では、扇状の組織が見られた。また、電界印加で相転移した後に、その印加電界を交流矩形波にすると、液晶は応答の速い明暗のスイッチングを示した。このスイッチングの応答時間は600 μs 程度と高速であった。転移した相に100 Hzの交流三角波電界を印加し、自発分極を測定すると、5 nC/cm²程度の自発分極を示した。これらのことから、転移した相は強誘電相であると考えられる。そして自発分極の温度依存性と液晶の傾き角の温度依存性は一致していた。印加電界を切ると液晶は速やかにもとのコレステリック相に戻った。以上のように、この液晶は電界の印加によってコレステリック相から強誘電相に可逆的に転移する。そして強誘電相は電界の極性によって自発分極のスイッチングを生じるため、この液晶はコレステリック相 \leftrightarrow 強誘電相(上向き) \leftrightarrow 強誘電相(下向き)という3状態間のスイッチングが可能である。実際に偏光顕微鏡下でこの液晶に0.1 Hzの交流電界を印加し、これら3状態間の転移を生じさせた結果を図3に示す。透過光強度の変化(光学ヒステリシス曲線)は、まるで反強誘電相のようなダブルヒステリシス曲線となった。しかしこのダブルヒステリシス曲線は、一般に知られているスメクチック反強誘電相の応答とは異なり、コレステリック \leftrightarrow スメクチックの電界相転移の結果として生じているものである。このような電界応答は、ディスプレイをはじめとする様々な応用が考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

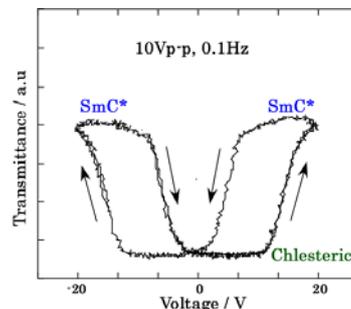


図3 交流電界印加にともなう偏光顕微鏡の透過光強度の変化。強誘電相はコレステリック相よりも透過光強度が大きいため、このような曲線になる。

[雑誌論文] (計6件)

① Photorefractive Effect of Polymer-Stabilized Ferroelectric Liquid Crystals

T. Sasaki, Y. Nakazawa

J. Phys. Chem. C, 113, 5792-5798 (2009).

② Photorefractive Effect of Ferroelectric Liquid Crystals with Application of a Biased Alternating Electric Field

N. Moriya, and T. Sasaki

Mol. Cryst. Liq. Cryst., 482, 33-41 (2008).

③ Influence of Rubbing Condition of Polyimide Alignment Layer on Optical Anisotropy of Immobilized Liquid Crystal Film

M. Yamahara, M. Nakamura, N. Koide, and T. Sasaki

Liq. Cryst., 34, 381-387 (2007).

④ Relationship between Molecular Orientation of Rubbed Polyimide Alignment Layer and Immobilized Liquid Crystal Film Coated on The Alignment Layer

M. Yamahara, M. Nakamura, N. Koide, and T. Sasaki

Mol. Cryst. Liq. Cryst., 466, 39-52 (2007).

⑤ Relationship between Optical Properties of Immobilized Liquid Crystal Film and that of Polyimide Alignment Layer

M. Yamahara, M. Nakamura, N. Koide, and T. Sasaki

Mol. Cryst. Liq. Cryst., 473, 3-14 (2007).

⑥Photorefractive Effect of Ferroelectric Liquid Crystals with Application of Alternating Electric field

T. Sasaki, N. Moriya, and Y. Iwasaki
J. Phys. Chem. C, 111, 17646-17652 (2007).

[学会発表] (計4件)

①高分子安定化コレステリック液晶の planer/focalconic 転移における電界応答挙動の解析

鳥海裕貴、佐々木健夫

日本液晶学会討論会(東京農工大) 2009年9月16日

②コレステリック液晶のフレクソエレクトリック効果に及ぼす配向条件の影響

浜本浩史、佐々木健夫

第57回高分子学会年次大会(パシフィコ横浜) 2008年5月29日

③N*相における特異的電界挙動

赤堀陽介、佐々木健夫

日本液晶学会討論会(東工大) 2007年9月12日

④キラルネマチック相の電界応答に及ぼす配向処理の影響

浜本浩史、佐々木健夫

日本液晶学会討論会(東工大) 2007年9月12日

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.rs.kagu.tus.ac.jp/~photoref/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 健夫 (SASAKI TAKEO)

研究者番号: 80261501

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし