

強誘電性液晶による光偏波面制御

— 分子配列と光スイッチング —

倉林 裕之, 岡田 裕之, 女川 博義, 宮下 和雄,
桑原 道夫*, 貴堂 靖昭*

1. はじめに

液晶は近年ディスプレイデバイスとして盛んに研究されている。一方、液晶の持つ異方性、流動性といった特徴を利用することにより、光ファイバ伝播中に擾乱により生じる偏波面のずれを制御する光偏波面制御や光源からの入力光を強度変調する光変調等の光通信分野への液晶デバイスの応用が期待されている。これまで我々は小型、低電圧動作、ネマチック液晶を上回る高速応答性などの特長を有する強誘電性液晶による光偏波面制御素子について検討を行ってきた。本研究では広旋光角、低ヒステリシス、良好な直線性をもつ偏波面制御素子を実現するため種々の強誘電性液晶セルを製作し、その特性を検討した。

2. 実験

2.1 液晶セル

使用した液晶はチソ社製強誘電性液晶 CS1031 (チルト角 (強誘電性液晶分子自身が電界により円錐の軌跡上を回転するが、その円錐の断面の頂角 (コーン角) の1/2) 19.3°) と CS2004 (チルト角 44.0°)、同社製ポリイミド配向剤 PSI-G-4001 (ZSA), PSI-A-2001 (PPO), PSI-A-2401 (2401) を用いた。ネマチック液晶に対するプレチルト角 (液晶分子とガラス基板との成す角) はそれぞれ 5.5° , 13.0° , 17.0° である。セルは ITO 付きガラス基板に配向剤をスピンコートしラビング方向アンチパラレル、セル厚 $2\mu\text{m}$ となるように貼り合わせた。また各配向剤をコートしたガラス基板と TiO_2 を 80° 斜方蒸着したガラス基板を同様の条件で貼り合わせハイブリットセルも製作した。

2.2 旋光角特性測定系

測定は光源に He-Ne レーザを用い、2枚の偏光板の間に置いたセルに印加した電圧値に対して出射側偏光板を回転させ、最も透過光強度が強くなる角度を旋光角としてセルの電圧-旋光角特性を測定した。電圧印加前はパラレルニコルの状態でラビング方向が偏光方向と一致すると透過光強度が最大となった。旋光角特性の測定では、1) 筆者等の分子配向に関する研究からヒステリシス低減に有効と考えられたハイブリットセルの効果、2) 液晶材料のチルト角の違いによる

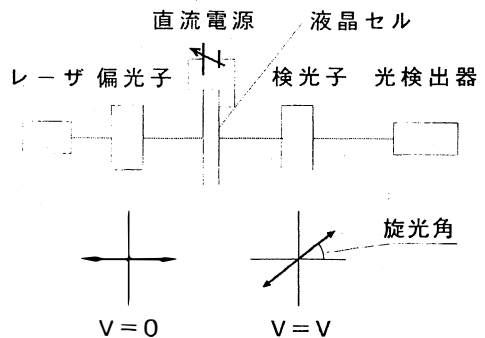


図1 電圧-旋光角特性測定系

* 富山工業高等専門学校

影響, 3) 各種配向処理の違いによる旋光角への影響, について検討した。

3. 実験結果

3.1 配向状態及び電気光学的特性

作製したセルの配向状態を偏光顕微鏡により観察した。CS1031, CS2004ともにラビング方向に沿ったすじが観察され, ラビング方向とポーライザもしくはアナライザの方向が一致した場合に暗状態となった。両液晶の PPO セルの電圧-光透過度特性を図2に示す。コントラスト比は CS1031 PPO セルが15, CS2004 PPO セルが10であった。

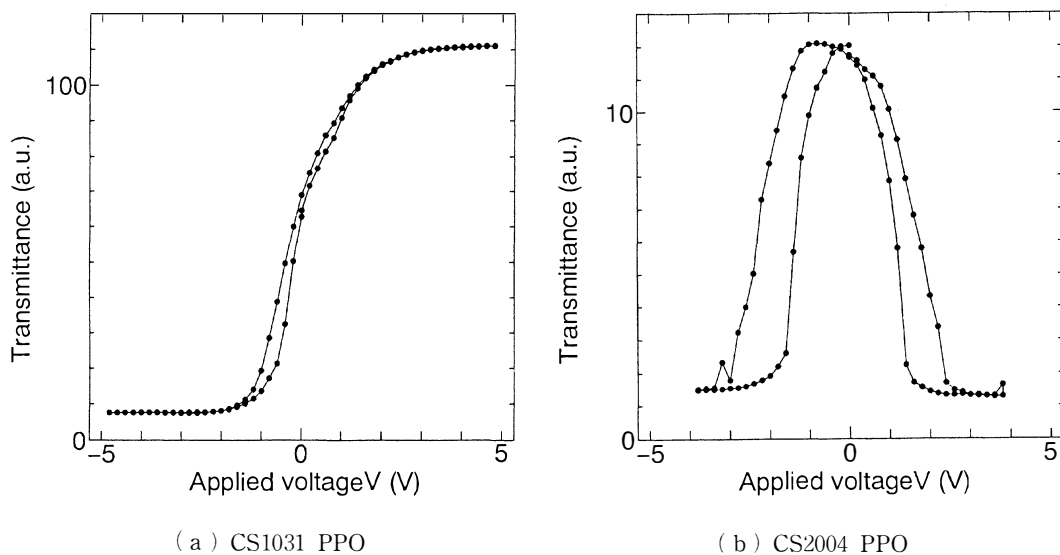


図2 電圧-光透過度特性

3.2 測定結果

図3に CS1031 液晶 PPO セルの電圧-旋光角特性を示す。このセルでは直線性の良い特性を得ることができたが, わずかにヒステリシスが見られたため, PPO-TiO₂ セルについて同様の測定を行った。旋光角はどちらも約60°であったが, セルのハイブリッド化によるヒステリシス低下は見られず, 逆にハイブリッドセルの方がヒステリシス幅が大きくなっている。またハイブリッドセルでは急激に偏波面が回転しており, 直線性の点でも PPO セルの方が優れている。

次に液晶材料の持つチルト角の旋光角への影響を調べるため, CS1031よりも大きなチルト角を持つCS2004液晶について旋光角特性を測定した(図5)。CS1031 PPOセルに比べヒステリシスはかなり大きいですが旋光角の大きさは約60°であったものが約180°と非常に大きな値を得ることができた。

さらに配向剤のプレチルト角の違いによる旋光角への影響を検討するために, これまでの配向剤 PPO に対し, プレチルト角が小さい配向剤 ZSA と, 大きい配向剤2401を使用したセルについて旋光角特性を測定した。それぞれのセルの旋光角を表1に示すが配向剤のプレチルト角の違いによる旋光角への影響についてははっきりとした傾向が見られなかった。

以上の検討から, 液晶材料の高チルト角化が広い旋光角を得るためには有効であることがわかった。

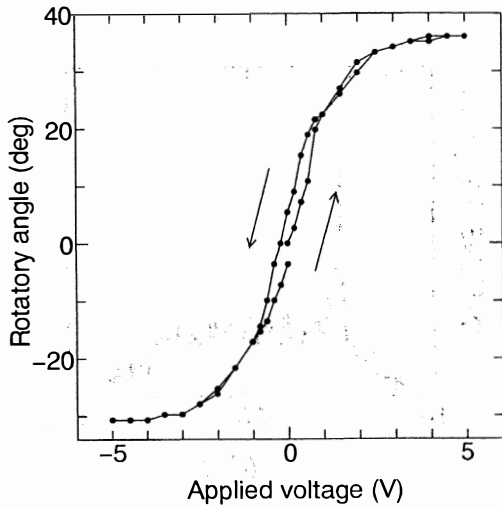


図3 電圧-旋光角特性 (CS1031 PPO)

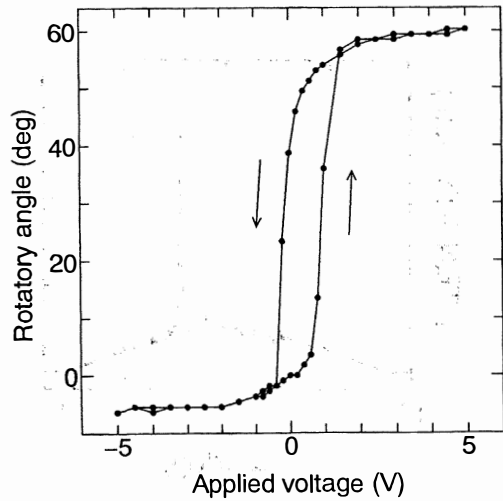


図4 電圧-旋光角特性 (CS1031 PPO-TiO₂)

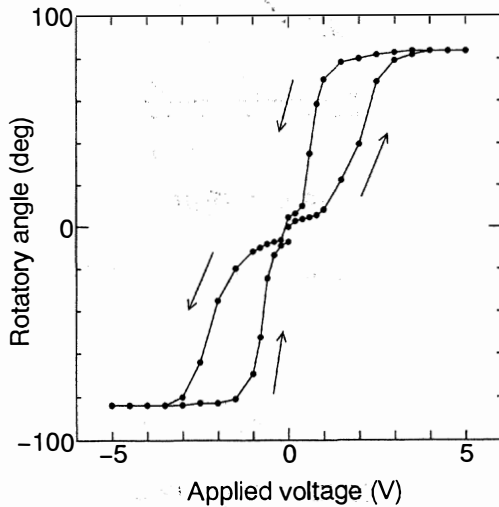


図5 電圧-旋光角特性 (CS2004 PPO)

表1 配向処理の違いによる旋光角の違い

液晶	配向処理	旋光角
CS1031	ZSA-ZSA	74.8°
	PP0-PP0	66.6°
	2401-2401	60.3°
CS2004	ZSA-ZSA	180.9°
	PP0-PP0	167.8°
	2401-2401	181.7°

3.3 セル内での層構造

表1において旋光角が液晶材料のコーン角（チルト角の2倍）の1.5~2倍程度の値となっている。本結果は分子による旋光という直感的感覚からは予想できない。ここで、旋光角がコーン角よりも大きくなることの一因として液晶分子による層が傾斜することによりチルト角が大きく見える効果（見かけのチルト角）が考えられる。そこで、X線回折法によりセル内での層構造を測定した。X線回折に使用したセルはガラス基板によるX線の減衰をさけるために厚さ60 μ mのカバーガラスを使用した。CS1031, CS2004 PPOセルについての結果をそれぞれ図6, 7に示す。CS1031 PPOセルではセル法

線方向から24°傾斜したチルト構造でCS2004は38°傾斜したチルト構造であった。

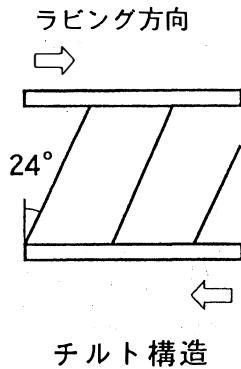
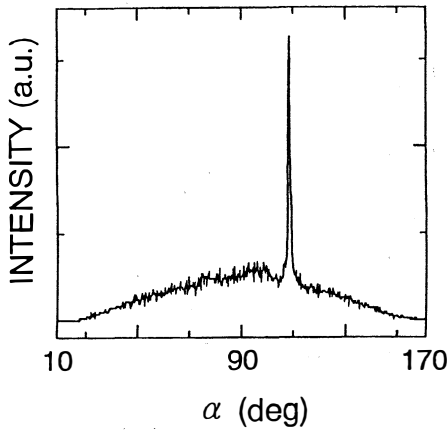


図6 CS1031 PPO セルの層構造

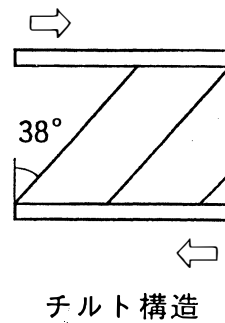
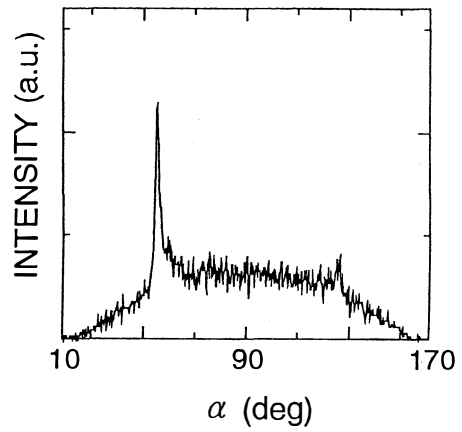


図7 CS2004 PPO セルの層構造

3.4 層構造と見かけのチルト角

表2にX線回折結果、及びそれより予想される旋光角(見かけのチルト角(θ_{app}) $\times 2$)の値を示す。CS1031, CS2004とも配向剤のプレチルト角が大きくなるに従いシェブロン構造からチルト構造へと層構造が変化している。層が傾斜することによる見かけのチルト角の増加はCS1031で1~1.5°程度でありCS2004では6~7°であった。液晶分子はセル内で見かけのコーン角分(θ_{app}) $\times 2$ だけ回転していることになり偏波面の回転角もまたそれに対応した値となると考えたが、それらの値よりかなり大きな旋光角が測定された。

以上のように、今回得られた旋光角を説明す

表2 X線回折結果

CS1031 (チルト角 19.3°)

配向処理	層構造	層傾斜角	$\theta_{app} \times 2$	旋光角
ZSA-ZSA	シェブロン	19.7°	40.8°	74.8°
PP0-PP0	チルト	23.8°	40.8°	66.6°
2401-2401	チルト	23.5°	41.8°	60.3°

CS2004 (チルト角 44.0°)

配向処理	層構造	層傾斜角	$\theta_{app} \times 2$	旋光角
ZSA-ZSA	シェブロン	37.2°	101.0°	180.9°
PP0-PP0	チルト	37.8°	101.6°	167.8°
2401-2401	チルト	37.7°	101.4°	181.7°

るには層傾斜以外の光学的要因を考える必要がある。

4. ま と め

強誘電性液晶を用いた光偏波面素子について、セル構造、配向処理、及び液晶材料を変えその特性を検討した。その結果

1. CS1031液晶の同種配向剤セルにより低ヒステリシスかつ直線性のよい特性を得た。
2. CS2004を使用することにより約 180° の旋光角を得た。
3. セルのハイブリッド化、配向処理の差の、旋光角、及びヒステリシスへの影響は小さかった。

を得た。

また、今後の課題として

- ・旋光角がチルト角の4倍程度となる旋光のメカニズムの解明。
- ・低ヒステリシス、良好な直線性を持ち旋光角が大きい素子の実現。

が挙げられる。

参考文献

- 1) 貴堂他：「液晶デバイスによる光偏波面制御」電気学会論文誌C, vol. 112-C, No. 10, (1992)597.

1993年9月30日 電気関係学会北陸支部合同大会において学会発表

Optical polarization control with Ferroelectric Liquid Crystals

H. Kurabayashi H. Okada H. Onnagawa K. Miyashita
M. Kuwahara* and Y. Kidoh*

*Toyama National College of Technology

Large rotatory angle and Non-hysteresis characteristics are required in optical polarization control devices for optical communication. To realize optical polarization control devices with ferroelectric liquid crystal (FLC) materials, we examined the FLC cell characteristics with several kinds of cell structures, FLC materials and aligning treatments. Rotatory angle and hysteresis are not affected by cell structures and aligning treatments. Large rotatory angle of 180° are obtained using FLC materials with large tilt angle.

〔英文和訳〕

強誘電性液晶による光偏波面制御

倉林 裕之, 岡田 裕之, 女川 博義, 宮下 和雄
桑原 道夫*, 貴堂 靖昭*

*富山工業高等専門学校

光通信に使用される偏波面制御素子については広い旋光角とヒステリシスのない特性が求められている。強誘電性液晶による光偏波面制御素子を実現するために、セル構造、液晶材料、配向処理を変えたセルを製作しそれらの特性を調べた。セル構造、配向処理の旋光角、及びヒステリシスへの影響は小さかった。チルト角の大きな液晶材料を使用することにより、大きな旋光角が得られることがわかり、チルト角の4倍程度である 180° を実現した。