

反強誘電性液晶セルの光学応答特性

桜井 鉄史, 加藤 豊章, 女川 博義, 中谷 訓幸, 宮下 和雄

1. はじめに

近年, 高速表示素子の実現に向けて, FLC (強誘電性液晶) の研究がさかんに行われており, FLC を利用したディスプレイの製品化の報告も数多く行われている。しかし, FLC の本質的な問題も残っている。その一つが焼き付き効果である。一樣状態を用いて表示させる場合, 双極子の方向を一定時間保持させる必要があるため, 絶縁膜などに分極が誘起され表示の焼き付きが生じる。このような欠点がなく, マルチプレックス駆動に対する基本性能を兼ね備えた液晶状態が反強誘電性液晶相である。

AFLC (反強誘電性液晶) は, Sc^* 層における 2 つの一樣状態 (強誘電状態) の他に, 第 3 の安定状態 (反強誘電状態) を持っている。図 1 は, 螺旋のとけた反強誘電状態をセル面方向から見たモデルである。となり合う層ごとに分子は逆方向に傾き, 双極子は反平行になっている。図 2 は, (a) 反強誘電相の螺旋構造と (b) 強誘電相の螺旋構造である。(a) は (b) の 2 つの螺旋を約 π の位相差で重ねたものと等価である。^{1), 2)} このような反強誘電性液晶の電圧印加に対する光透過度の応答特性の温度依存性について報告する。

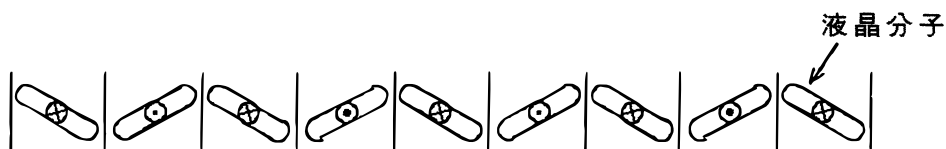


図 1 螺旋のとけた反強誘電状態をセル面方向から見たモデル
(⊙と⊕は反平行な双極子の向きを示す)

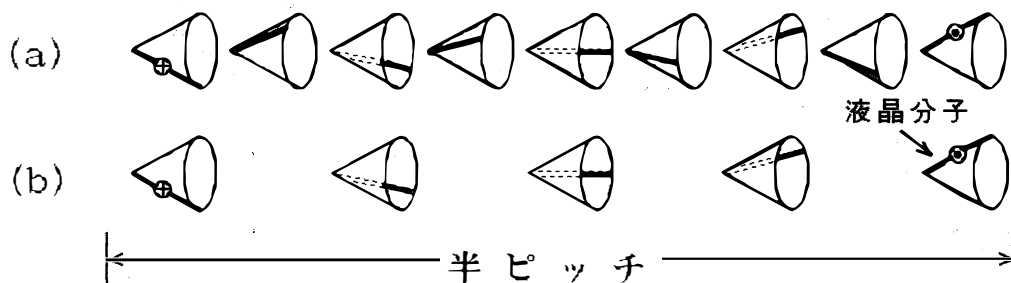


図 2 (a) 反強誘電相の螺旋構造と (b) 強誘電相の螺旋構造

2. 実 験

I T Oガラス基板の表面にポリアクリロニトリル (P A N) をコートし、ラビング処理して、セル厚を $2\mu\text{m}$ になるように貼り合わせ、そこへ液晶を注入した。使用液晶の分子構造を図3に、温度による相系列を図4に示す。印加電圧ゼロの時の一様状態 (反強誘電状態) が暗視野になるように直交偏光子を配置した。

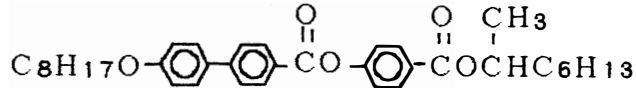


図3 使用液晶の分子構造

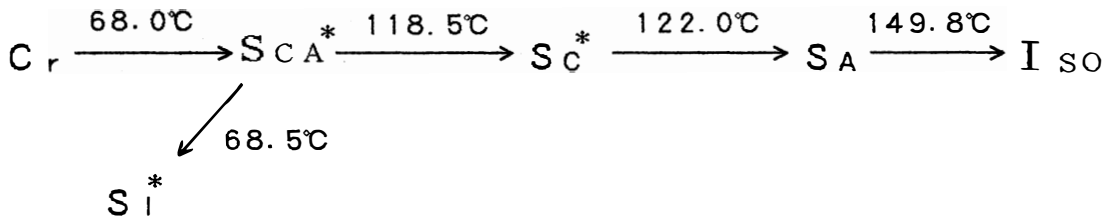


図4 使用液晶の温度による変化

2.1 光透過度—電圧特性の温度依存性

セルの温度を変化させ、周波数1Hzの三角波 (図5) を印加して光透過度—電圧特性を測定した。図5には、時間を横軸、たて軸に三角波の電圧と光透過度をしめす。光透過度の上の一定状態は強誘電状態、下の一定状態は反強誘電状態である。

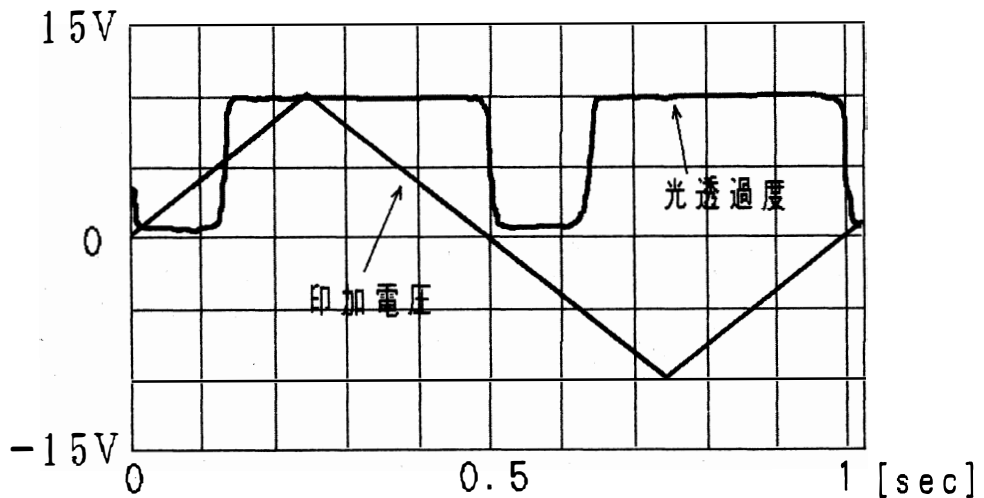


図5 印加電圧波形と光透過度

反強誘電状態の温度依存性について、横軸に印加電圧、縦軸に光透過度をとった結果を図6に示す。温度の上昇にともない、反強誘電状態は狭くなっていき、温度が96°Cで反強誘電状態は見られなくなった。そこで、72°Cから92°Cの温度範囲で応答特性を測定した。

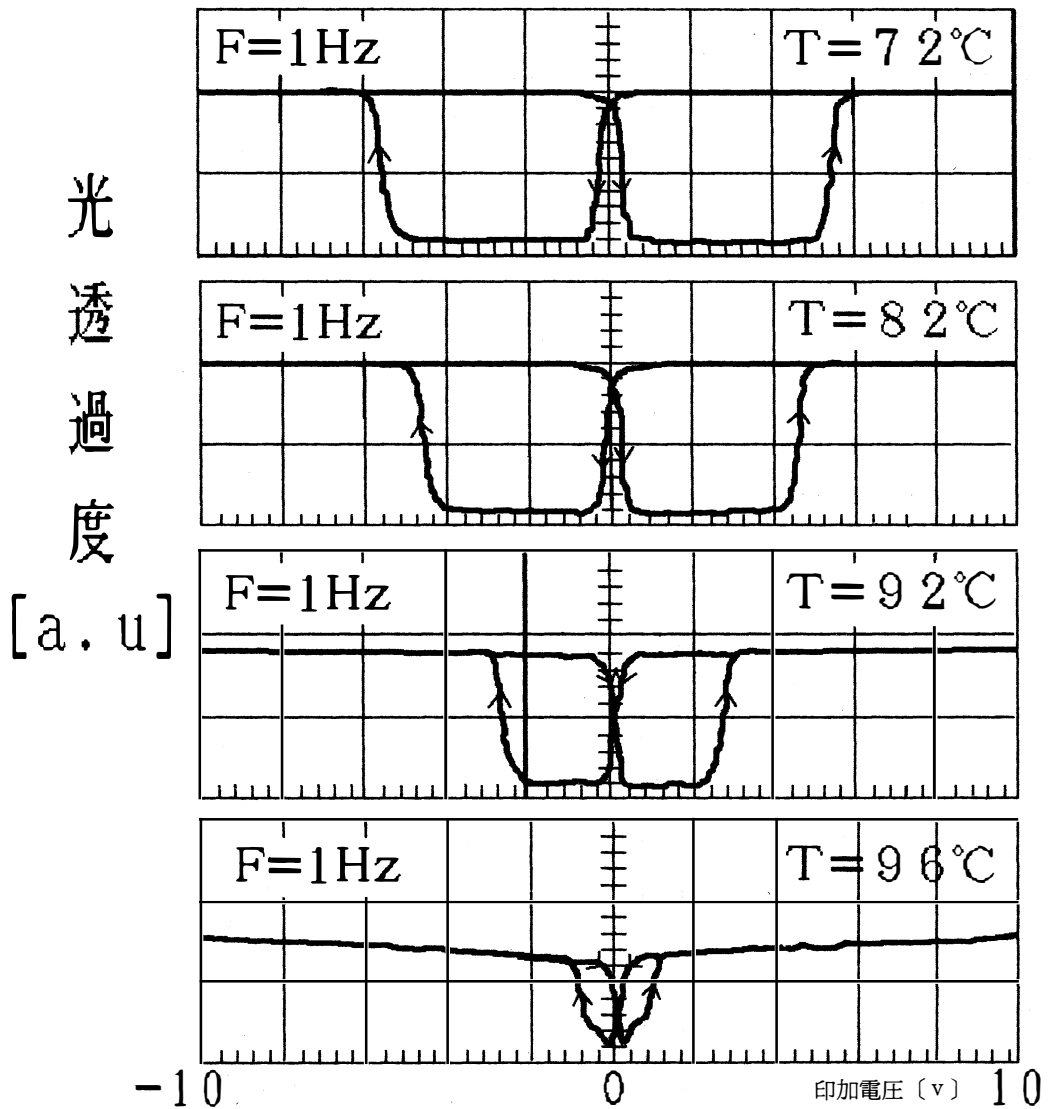


図6 光透過度—電圧特性

2.2 応答時間—電圧特性の温度依存性

まず、図7に示すような周波数1Hzの方形波を印加して、光透過度 (T_r) の応答時間を測定した。まず、下を0Vに固定して、上のピーク電圧 V_p を変化させて、電圧との関係を測定した。反強誘電状態から強誘電状態への変化で、光透過度が10%から90%になる時間を立ち上がり時間 τ_1 、強誘電状態から反強誘電状態への変化で、光透過度が90%から10%になる時間を立ち下がり時間 τ_2 と定義した。

さらに、図8に示すように上を20Vに固定して、下のピーク電圧を負の領域まで広げ、立ち下がり時間の改善を試みた。図8に示すように、 V_n を定義した。

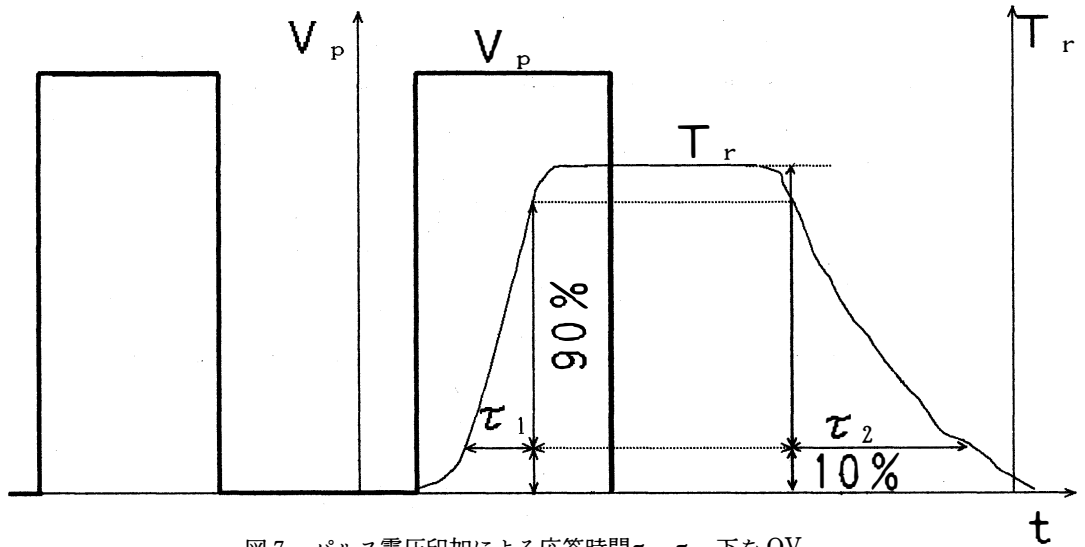


図7 パルス電圧印加による応答時間 τ_1 , τ_2 . 下を0Vに固定して、上のピーク電圧 V_p を変化させる。

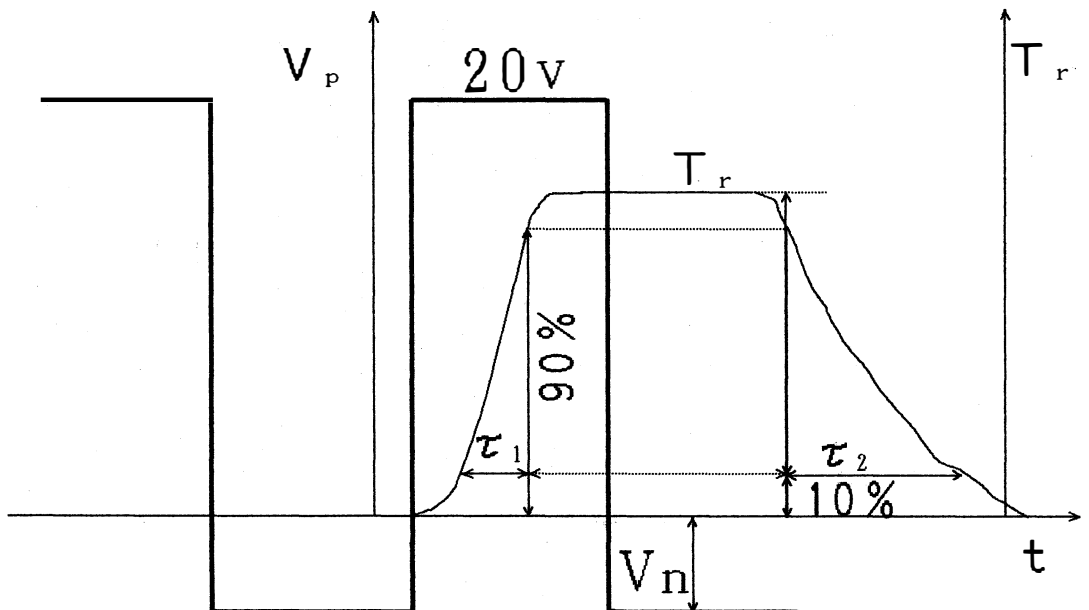


図8 パルス電圧印加による応答時間 τ_1 , τ_2 . 上を20Vに固定して、下のピーク電圧を負の領域まで広げた。

3. 実験結果と考察

3.1 応答時間—電圧特性の温度依存性

図9に示すように、印加電圧を上げていくと各温度で立ち上がり時間が短くなっている。72°Cから82°Cと温度上昇にともない立ち上がり時間は短くなっている。これは温度上昇によって、粘性が小さくなったためと考えられる。印加電圧15V以上のとき、82°Cから87°C、92°Cと温度を上げていくと逆に立ち上がり時間は長くなっている。これは温度上昇によって、自発分極が小さくなったためトルクが減少したためと考えられる。印加電圧20V以上で飽和がみられ、数10 μ s とかなり速い値を示している。

図10に示すように、立ち下がり時間は各温度で印加電圧によらずほとんど一定の値を示している。これは、どの温度の場合でも、しきい電圧より高い電圧からOVに電圧を落としているため電圧の影響がないと考えられる。立ち下がり時間—電圧特性の温度依存性をみると、温度の上昇にともない立ち下がり時間は短くなっている。これは温度上昇によって、粘性が小さくなったためと考えられる。立ち上がり時間に比べると10から100倍遅くなっている。

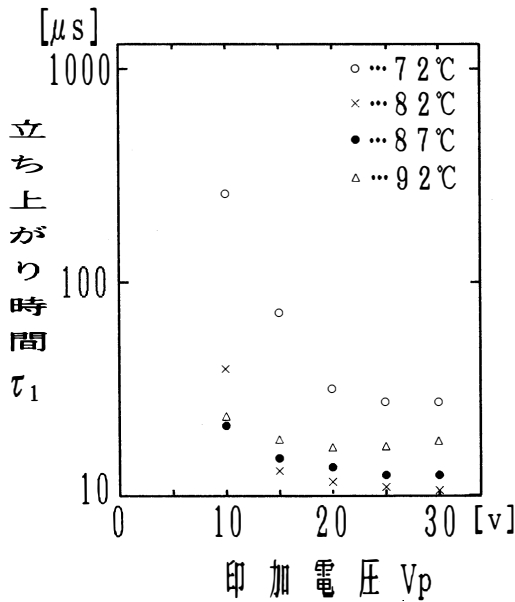


図9 立ち上がり時間—電圧特性

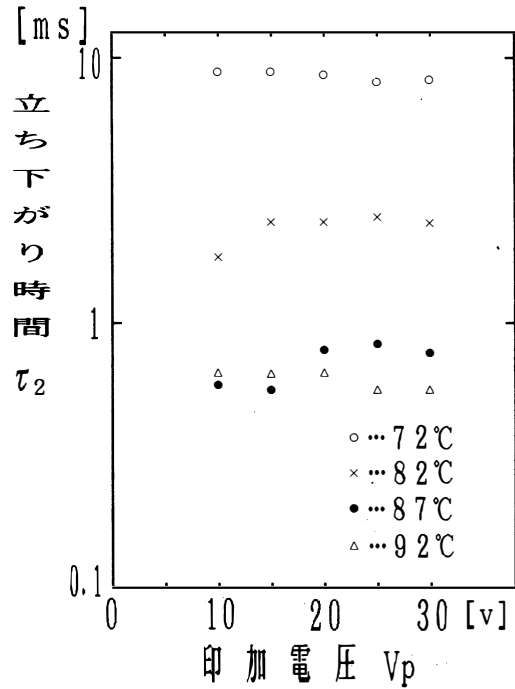


図10 立ち上がり時間—電圧特性

3.2 立ち下がり時間の改善

次に、図8に示すような印加電圧波形を用いて立ち下がり時間の改善を試みた。測定結果を図1に示す。下の電圧を負の領域にまでわずかに広げることにより、各温度で立ち下がり時間が短縮された。これは、立ち下がりしきの電圧をこえた電圧を印加したためと考えられる、72°Cのとき、0.5V印加することにより数十分の1に短縮された。これは、負の電圧を印加することにより、液晶分子にトルクがかかり、分子が動きやすくなるためと考えられる。

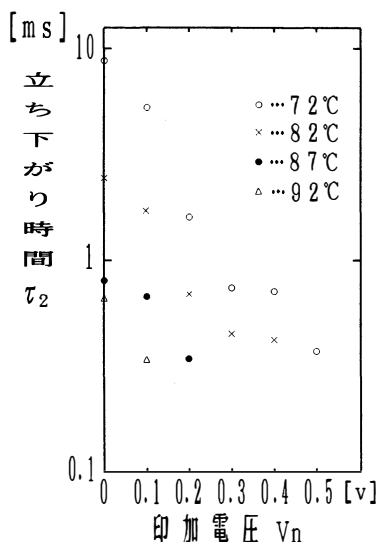


図11 立ち下がり時間—電圧特性

4. ま と め

- (1) 印加電圧を上げていくと各温度で立ち上がり時間については短くなり、立ち下がり時間については印加電圧に対して一定である。
- (2) 立ち上がり時間について、72°Cから82°Cと温度が上昇すると粘性が小さくなり、短くなると考えられ、82°Cから87°C、92°Cと温度を上げていくと自発分極が小さくなり、逆に立ち上がり時間は長くなると考えられる。
- (3) 立ち上がり時間と立ち下がり時間を比べると10から100倍立ち上がり時間が速い。
- (4) 下の電圧を負の領域にまでわずかに広げることにより、立ち下がり時間を短縮することができる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり御指導及び助言を頂いた桑原道夫講師*、柴田幹技官そして実験に御協力を頂いた4年生の本田端君、西哲夫君に感謝致します。

参考文献

- 1) 竹添秀男, 福田敦夫: 日本学術振興会報科学用有機材料第142委員会第47回合同研究会資料 (1990. 3. 15~16)
 - 2) M. Johno, A. D. L. Chandani, Y. Ouchi, H. Takezoe, A. Fukuda, M. Ichihashi, K. Furukawa: Jpn. J. Appl. Phys., 28 (1989) L119-L120
- *) 現在, 国立富山工業高等専門学校

Optical Response Characteristics of an Antiferroelectric Liquid Crystal

Tetsufumi Sakurai, Toyoaki Kato, Hiroyoshi Onnagawa
Noriyuki Nakatani and Kazuo Miyashita

Optical response time of an anti-ferroelectric liquid crystal material, a mixed compound, was investigated. The response time from anti-ferroelectric to ferroelectric phase, i. e. τ_1 , at 87°C 5V/ μm is about 200 μs and decreases with increasing applied voltage. Response time from ferro-electric phase in high electric field to anti-ferroelectric phase around the zero electric field, i. e. τ_2 , is about 0.6ms at 87°C and does not change with the strength of applied electric field. τ_1 decreases as the temperature rises from 72°C to 82°C, and increases as the temperature rises from 82°C to 92°C. τ_2 decreases monotonously as temperature rises from 72°C to 92°C. Reduction of τ_2 about one order of magnitude into the range of 100 μs was succeeded by applying a weak electric field of reverse polarity.

反強誘電性液晶セルの光学応答性

桜井 鉄史, 加藤 豊章, 女川 博義, 中谷 訓幸, 宮下 和雄

反強誘電性を示す液晶材料の光学応答特性が調べられた。87°Cにおいて5 V/ μm の電界強度では、反強誘電相から強誘電相への相変化に伴う光学応答時間 τ_1 は約200 μs であり、印加電圧の上昇につれて短くなる。高電界における強誘電相からゼロ電界付近の反強誘電相への変化に伴う光学応答時間 τ_2 は87°Cで約0.6msであり、印加時の電界強度によって変化しない。72°Cから82°Cまでは温度の上昇につれて τ_1 は短くなり、82°Cから92°Cまでは長くなる。 τ_2 は72°Cから92°Cまで単調に減少する。反強誘電相に戻す際に逆極性の弱い電界を印加することによって τ_2 を約1桁下げることができた。