

反強誘電性液晶表示素子における中間調表示方法の一考察

一分極反転電荷量-光透過度特性-

石渡 高士, 岡田 裕之, 女川 博義

抄録

反強誘電性液晶素子のスイッチング時における光透過度と分極反転電荷量の相関について検討した。中間状態を制御可能なパルス印加状態で、光透過度と分極反転電荷量を測定した結果、パルス幅、パルス電圧に依存しない一義的な相関があることを見いだした。

英文抄録

Relationship between transmittance and polarization reversal charge under switching condition of antiferroelectric liquid crystal cells have been investigated. As a result of transmittance and polarization reversal charge measurement, we found the universal relationship that no depends on pulse width and pulse voltage under pulse condition for gray level control.

キーワード : antiferroelectric liquid crystals, gray level control, polarization reversal charge, MHPOBC

1 はじめに

反強誘電性液晶は、三安定性¹⁾、対衝撃性^{2), 3)}、無焼き付き^{4), 5), 6)}等の特徴を有する材料として注目されている。これまで我々は強誘電(F) - 反強誘電(AF)状態相転移の電気光学応答とそれを利用した中間調制御法⁷⁾、そして交流駆動時に印加される保持電圧の最適化法と多フレーム駆動特性⁸⁾の関係を検討してきた。ここで中間調制御法の検討については、パルス印加によるスイッチング過程がドメイン状態スイッチングであることよりスイッチング時に流れる電荷量と透過率には相関があるものと考えていたが、その直接的検証は課題であった。今回我々は、12ビット分解能を有するトランジェントメモリをコンピュータ接続することにより分極反転電流を高精度で測定し、得られた電荷量と透過率の相関関係を検討したので報告する。

2 実 験

実験には、代表的な反強誘電性液晶であるMHPOBCを用いた。相系列はCryst.(65.5°C)S_C* (119.9°C)S_C* (120.5°C)S_C* (122.0°C)S_{C_α} (122.9°C)S_A (148.7°C)Iso.である。配向剤としてポリアクリロニト

リル(PAN)を用い、130℃、90分で焼き付け、一方の基板のみをラビング処理した後、厚さ2 μmのセルを作製した。液晶の注入は等方相で行い、S_{CA}*で封印した。測定温度は90℃とした。液晶セルは偏光顕微鏡、クロスニコル下電圧無印加状態で暗状態となるように設定した。

本実験で用いた測定系を図1に示す。任意波形発生器、ディジタイジングオシロスコープ、ホットステージをコンピュータ制御する従来の測定系に加え、今回12ビット分解能を有するトランジェントメモリを接続し、スイッチング時に流れる電流を10k Ωの抵抗を介して測定した。駆動波形とそれに対応する透過率、電流を図2に示す。V_sはAFからF状態への相転移のための書き込みパルス電圧、V_Hは透過率の保持電圧、V_i、t_iは各々中間状態を得るために印加するインターバルパルスの電圧、パルス幅である。周期は60Hz、t_iは250~2000 μsec、V_iは0~6Vの間で振った。このとき透過率はV_sによりAFからF状態に転移し、インターバルパルスにより中間状態となる。これをV_Hの印加により保持させる。この時点の透過率を測定した。このとき、書き込みパルス電圧V_sにより数μsec程度の時間でAFからFへの分極反転電流と容量の充電電流が流れる。その後のインターバルパルス印加により一方に150 μsecの時定数で充電電流が流れ、それに重畳して1msec程度の範囲でF状態から中間状態への相転移に伴う分極反転電流が流れる。今回分極反転電荷を求めるために、先の150 μsec程度の時間より予想される放電電流成分を指数関数で近似し差し引くことで分極反転電流を求めた。これを積分することで分極反転電荷量Q_pとした。インターバルパルス印加後に充電電流が流れ、保持電圧除去後に充電電流に重畳して中間状態からAF状態への分極反転電流が流れる。

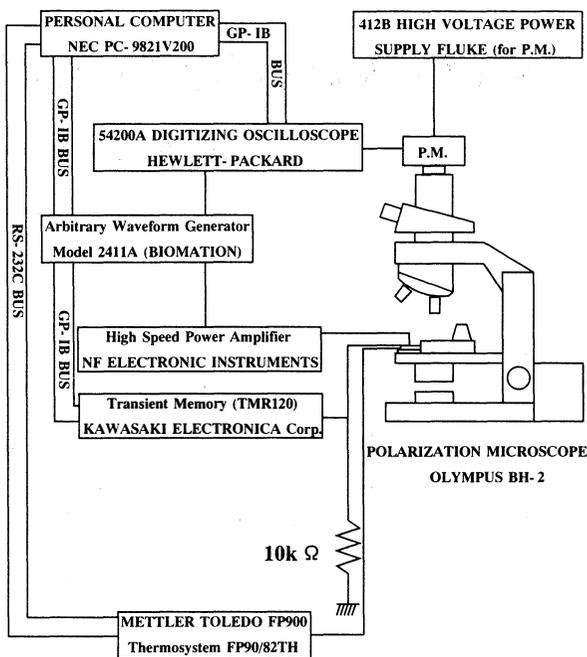


図1 測定表

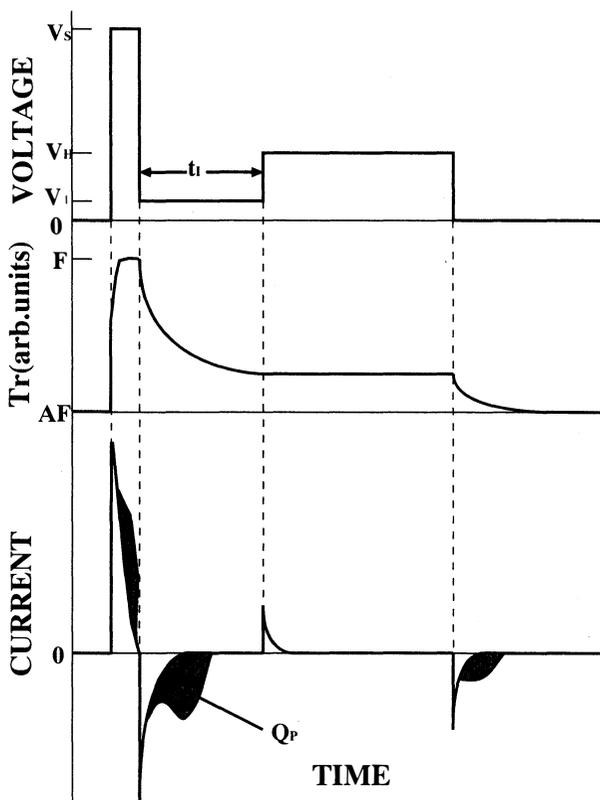


図2 応答波形の一例

3 実験結果

図3にインターバルパルス電圧と透過率の関係を示す。パルス幅が $500\ \mu\text{sec}$ 以下の場合には、 V_1 が 0V でも透過率はAF状態まで戻らなかった。インターバルパルス幅が $750\ \mu\text{sec}$ 以上ではFからAFの間の透過率変化が得られた。パルス幅が $500\ \mu\text{sec}$ のときは、 V_1 が 0.6V 以下で透過率変化が見られ、パルス幅が $2000\ \mu\text{sec}$ のときは、 V_1 が 1.5V 以下で変化するというように、パルス幅を広くするに従い変化の始まるパルス電圧値は上昇する。

図4にインターバルパルス電圧と電荷量の関係を示す。グラフの形は図3を縦軸について折り返した様な形となった。これは、分極反転電荷量に対応して透過率が変化していることを示している。また図3と比較して分極反転電荷量の小さな領域を見ると、インターバルパルス電圧のより大きな点から分極反転電荷が流れていることが分かる。これはF状態の分子のわずかながらの動きがあることによる。さらに、インターバルパルス幅が $750\ \mu\text{sec}$ のとき、インターバルパルス電圧が 0V 付近で分極反転電荷量が大きく出ている。この条件と対応した透過率変化を見ると、わずかながらAF状態よりずれていることが分かる。このように分極反転電荷の正確な測定により、わずかながらの状態変化が観測できる。

次に同じインターバルパルス電圧のときの透過率と分極反転電荷量を図5に示す。これより、インターバルパルス電圧および幅に依存せず、透過率変化が分極反転電荷と一義的に対応していることが分かった。

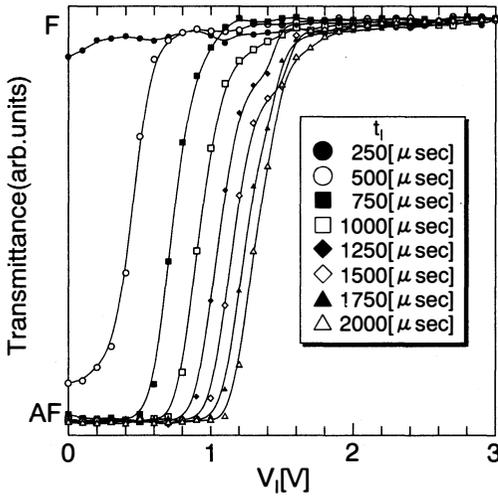


図3 Tr- V_1 特性

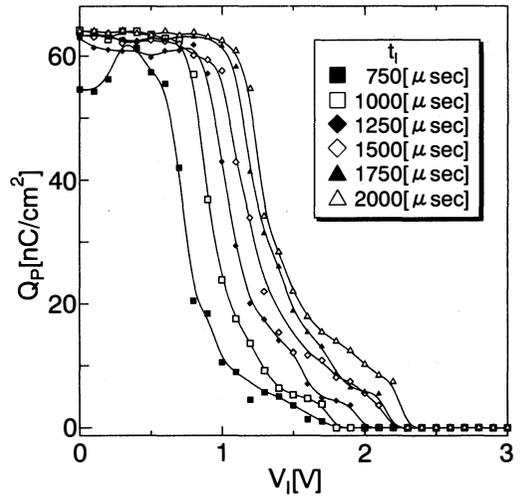


図4 Q_p - V_1 特性

4 結論

分極反転電荷量と透過率の相関について検討した結果、透過率が分極反転電荷量に対応していることが分かった。従って、分極反転電荷量を測定することで、液晶素子内の分子配列状態のより直接的な判定が可能になった。

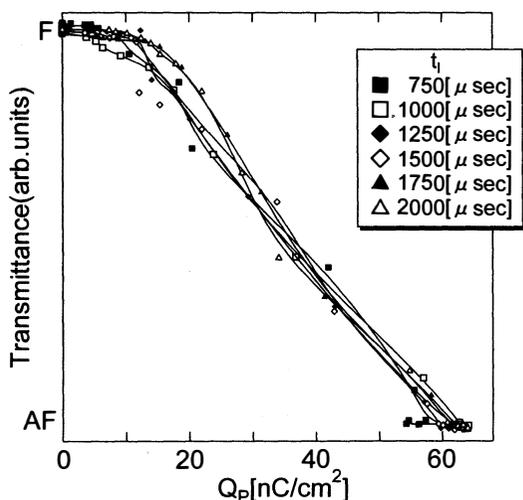


図5 Tr-Q_p 特性

謝 辞

液晶材料を提供いただいたチッソ石油化学(株)に感謝いたします。

参考文献

- 1) A.D.Chandani, T.Hagiwara, Y.Ouchi, H.Takezoe and A.Fukuda : Jpn.J.Appl.Phys. 27 (1988) L729.
- 2) K.Itoh, M.Johnno, J.Lee, Y.Takanishi, Y.Ouchi, H.Takezoe and A.Fukuda : 13th Int.Liq. Cryst.Conf. (Vancouver, 1990) FER-31-P-Mon.
- 3) T.Hagiwara, Y.Suzuki, Y.S.Negi, I.Kawamura, N.Yamamoto and K.Mori : 13th Int.Liq. Cryst.Conf. (Vancouver, 1990) FER-77-P-W/T.
- 4) M.Johnno, A.D.L.Chandani, J.Lee, Y.Ouchi, H.Takezoe, A.Fukuda, K.Itoh and T.Kitazume : Proc.9th.Int.Display Research Conf. (Japan Display'89) (SID and ITE, Kyoto, 1989) p.22.
- 5) Y.Yamada, N.Yamamoto, K.Mori, K.Nakamura, T.Hagiwara, Y.Suzuki, I.Kawamura, H.Orihara and Y.Ishibashi : Jpn.J.Appl.Phys.29 (1990) 1757.
- 6) K.Itoh, M.Johnno, Y.Takanishi, Y.Ouchi, H.Takezoe and A.Fukuda : Jpn.J.Appl.Phys.30 (1991) 735.
- 7) H.Okada, M.Watanabe, H.Onnagawa and K.Miyashita : Jpn, J.Appl.Phys.34 (1995) 375.
- 8) M.Watanabe, Y.Shimano, H.Okada and H.Onnagawa : Jpn, J.Appl.Phys.36 (1997) 767.

第58回秋季応用物理学会1997年10月発表