

最近の技術から

強誘電性液晶——層・配向ベクトルの構造制御

福田 敦 夫

東京工業大学工学部有機材料工学科 〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

1. 材料工学的研究の重要性

マイヤーらがキラル・スメクティック C(Sc*) 強誘電性液晶 (FLC) を発見したのは 1975 年, クラークとラーガーヴァルが表面安定化強誘電性液晶 (SSFLC) によるディスプレイ (FLCD) の可能性を示唆したのは 1980 年, 応物学会ではじめて SSFLC に関する講演が行なわれたのは 1983 年, 大画面の FLCD がはじめて試作されたのは 1985 年, そして昨年 (1987) の Japan Display では各社一斉に試作品を発表している¹⁾. 順調に推移してきたように見える FLCD の研究・開発にも, 悲観論が芽生えてきた. デバイス・システム側で, FLC の素性の悪さが取沙汰されるようになった*1.

しかし, FLC 材料の物性, とくに界面との相互作用, SSFLC の構造とスイッチング過程がまだ混沌としている状態でも, デバイス・システム側の手にかかると, あのような試作品になってしまうのだから, 材料側できちんとすれば, FLCD は実用化できるものと楽観している. 材料工学に立脚した研究が必須であり, ただがむしゃらにやってもだめなことが明白になったにすぎない. もちろん, ディスプレイの宿命として, 各種の競合技術が存在し, 気は抜けない*2.

FLC 材料および配向膜 (基板界面) の構造・物性を解明し, 制御することが材料工学的な目標である. いずれも非常に複雑な系なので, 単純な材料定数による評価は困難であり, 実際の素子 (セル) 特性を研究しなければならない. しかし, メモリー性, 閾値, コントラスト, 応答時間などの電気光学的特性や機械的・熱的なショックに対する弱さを問題にするだけでは不十分である. ス

メクティック層の存在や基板界面における配向ベクトルのアンカリングを踏まえて, セルの構造・スイッチング機構を解明し, FLC 材料, 配向膜の開発にフィードバックする必要がある. さいわい, 数年前とは比較にならないほど多種の FLC 化合物が新たに合成・公表されてきている^{2,3)}. 配向膜に関する詳細はほとんど公表されていないが, ポリイミドに限っても, その種類, 改質の多様性は周知の事実である.

2. 「く」の字変形とねじれ状態

当初クラークとラーガーヴァルが描いた構造では, スメクティック層が基板界面に垂直であり, 配向ベクトルは界面に平行で層法線と $\pm\omega$ の角度をなし, 一様な 2 状態が実現されると考えられていた. ところが, 普通にセルを作ると, 層は「く」の字に変形しており⁴⁻⁷⁾, 配向ベクトルに関しては, 一様な 2 状態 U_r, U_l のほかに, ねじれ状態が存在する. ねじれ状態には右ネジ, 左ネジの TR, TL が存在し, それぞれが U_r, U_l に対応した 2 状態 TR_r, TR_l および TL_r, TL_l をもつ^{6,7)}. これらの状態を図 1 にまとめておく.

「く」の字変形の起こり方には二通りの向きがあり, このくい違いがいわゆるジグザグ欠陥である. ジグザグ欠陥の形を詳細に解析すれば, セル構造に関する貴重な情報が得られる可能性はあるが, ディスプレイとしてはありがたくない存在である. 斜蒸着した SiO_2 を配向膜として使用すると, ジグザグ欠陥のないセルが作成できる⁸⁾. 「く」の字変形の向きが一通りに限定されているためと考えられているが, 詳細は明らかでない. 一度形成されてしまったジグザグ欠陥も, ある程度の高電圧交流電界を印加すると, 消滅することがある.

ジグザグ欠陥は除去できたとして, 図 1 のようなセルの特性の最適化を検討してみる. 「く」の字変形の度合いを制御する方法は確立されていないが, このように変形していないと考えられる場合は見いだされている⁹⁾. 「く」の字変形を是認すると, 配向ベクトルの構造が問題になる. 現在までに試作された FLC ディスプレイ

*1 1st Int. Symp. FLC's (Bordeaux-Arcachon, 1987) において, 招待講演 "The Development of Large Area Ferroelectric LC Screens" の取消が象徴的であった. 日本における悲観・楽観の交錯とは対照的に, ヨーロッパでは楽観論一色であった.

*2 TN を改良した, SB とか STN などと呼ばれる液晶ディスプレイの出現が, 少なくともこれを上まわる性能を FLCD に要求している.

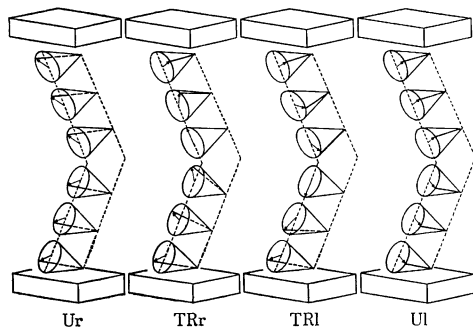


図1 スメクティック層の「く」の字変形と配向ベクトルの一様 (Ur, Ul) およびねじれ (TRr, TRl) 状態

は、一、二の例外を除いて、ほとんどすべてねじれ状態 TRr-TRl あるいは TLr-TLl のスイッチングを利用しているように推察される。基板界面の配向ベクトルが動かないという特徴はあるが、コントラストなど難がある。FLCD の魅力の原点は、一様状態間 Ur-Ul のスイッチングを偏光顕微鏡で見たときの、あの素晴らしさである。

一様状態間のスイッチングを利用する際に、ねじれ状態が存在するとメモリー性が著しく阻害される。ねじれ状態が存在しないようにするには、基板界面において自発分極が液晶の内部（あるいは外部）に向く傾向、すなわち界面との極性相互作用が、液晶固有のねじれ (C-配向ベクトルの曲がり) 変形と互いに打ち消し合うようにしたり、C-配向ベクトルの曲がりおよび広がり変形に対する配向弾性定数を大きくしたりすればよい¹⁰⁾。実際、ねじれ状態が現われないセルは存在する¹¹⁾。(ただし、自発分極が非常に大きい場合には、C-配向ベクトルの曲がり変形は分極電荷 $-\text{div } P$ を伴うので、見かけ上ねじれ状態をさらう傾向があり^{7,12,13)}、注意を要する。)

3. プレティルト、弾性定数および X 線回折 —今後の課題—

ねじれ状態が除去できたとして、次に制御したいのは界面における配向ベクトルの起上り (プレティルト) 角である。層が「く」の字変形しているときに、配向ベクトルが基板界面に平行であると、C-配向ベクトルは真横を向けないので、見かけの傾き角 (コーン角) ω' が

真の値より小さくなり、明状態における光透過率を減少させる。したがって、C-配向ベクトルが真横を向くように、配向ベクトルのプレティルト角を制御してやりたい。実際、最近話題の STN ディスプレイではかなり大きなプレティルト角が付与されている。液晶と基板界面との相互作用は重要な今後の課題である。

実際のセル作製にあたっては、ネマティック液晶の場合のように、「配向させる」では不十分で、「1次元結晶 (層) を成長させる」という側面が重要である。したがって、セル作製の難易が高温側の相系列に依存する。スメクティック A (SA) 相が存在しない場合には、一様状態 Ur および Ul (あるいはねじれ状態 Tr または Tl) を双安定状態とするセルはまだ作られていない。SA 相ばかりでなくその高温側にネマティック (N) 相が存在する場合には、かなり良好なセルが作製されているが、層や配向ベクトルの構造を制御し、最適化できるまでには至っていない。偏光顕微鏡分光測光などの光学的手段のみならず X 線回折も駆使して両構造を解明し、液晶材料および配向膜にどのように依存するかを明らかにすることが今後の課題である。その際、液晶材料の各種弾性定数を巧みに評価できるような計測手段の開発が強く望まれる。

文 献

- 1) 日経ニューマテリアル, No. 20 (1986) 33.
- 2) T. Geelhaar: *Proc. 1st. Int. Symp. FLC's* (Bordeaux-Arcachon, 1987), to be published in *Ferroelectrics*.
- 3) 吉野勝美 (編著): 高速液晶技術—強誘電性液晶材料とデバイス— (シー・エム・シー, 東京, 1986).
- 4) N. A. Clark and S. Lagerwall: *Proc. 6th Int. Display Res. Conf.* (Japan Display '86, Tokyo) (1986) p. 456.
- 5) N. A. Clark, *et al.*: *Phys. Rev. Lett.*, **59** (1987) 2658.
- 6) Y. Ouchi, *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **26** (1987) 1.
- 7) N. Hiji, *et al.*: *Proc. 1st. Int. Symp. FLC's* (Bordeaux-Arcachon, 1987), to be published in *Ferroelectrics*.
- 8) T. Uemura, *et al.*: *Proc. 6th Int. Display Res. Conf.* (Japan Display '86, Tokyo) (1986) p. 464.
- 9) Y. Ouchi, *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **26** (1987) L21.
- 10) T. Tsuchiya, *et al.*: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **25** (1986) L 27.
- 11) 大内幸雄, ほか: 第 13 回液晶討論会予稿集, 2Z17 (1987) p. 146.
- 12) K. Okano: *Jpn. J. Appl. Phys.*, **25** (1986) L846.
- 13) M. Nakagawa and T. Akahane: *J. Phys. Soc. Jpn.*, **55** (1986) 4492.

(1987年12月10日受理)