

反強誘電性液晶の配向特性

本田 端, 加藤 豊章, 渡邊 学, 岡田 裕之,
女川 博義, 宮下 和雄

1. はじめに

液晶ディスプレイは1970年代に実用化されて以来、低消費電力、軽量、小型、安価な表示素子として様々な分野に利用されるようになり、今日ではポケットテレビ、ノートパソコン用ディスプレイ等に代表されるような表示デバイスとして実用化されるに至っている。上記の背景の中、高速応答性があり、単純マトリクスに有力である液晶として強誘電性液晶が注目されている。しかし、強誘電性液晶は一様状態を用いて表示させる際に、双極子の方向を一定時間保持させる必要があるため、基板の絶縁膜などに分極が誘起され表示の焼き付きが生じるなどの問題がある。それに対し反強誘電性液晶は2つの一様状態（強誘電状態）のほかに第3の安定状態（反強誘電状態）を持っている（図1）。この状態では隣り合う層ごとに分子は逆方向を向き双極子が互いに反平行になっているため全体としての分極は0となり焼き付きが起きない。

このように三安定性²⁾、高対衝撃性³⁾、無焼き付き²⁾等の利点を有する反強誘電性液晶であるが表示素子に应用する時、セル内に生ずる多数のドメインによりコントラストが向上しないという問題点を有する。今回、我々は配向剤のプレチルト、及び表面形状がドメイン方向、及びコントラストに与える影響について検討したので報告する。

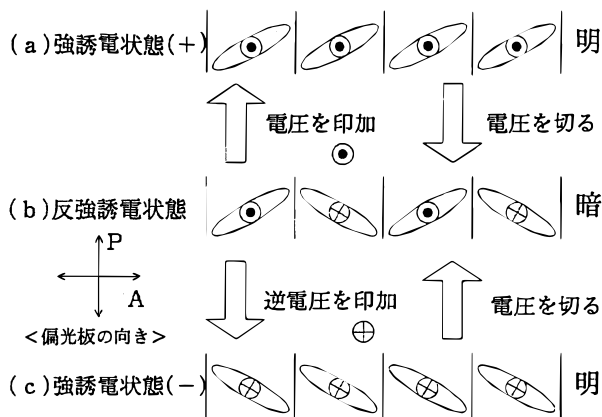


図1 セル面方向から見た液晶分子モデル

2. 実験

2.5cm 角の ITO 付きガラス基板に図2に示すプレチルト（ネマチック液晶 GR-61により測定）の

異なる6種類の配向膜を塗布し、ラビング処理の後にセル厚 $2\mu\text{m}$ になるように貼り合わせ組成物液晶CS-4000(チッソ社製,チルト角 27.1° ,Cr(-10.1°C) SmC_A^* (82.2°C) SmC^* (83.3°C) SmA (100.4°C) I_{so})を注入し,パラレル,ホモジニアス配向セルのドメイン方向を測定した。また,配向膜の表面状態を原子間力顕微鏡(AFM)で観察した。

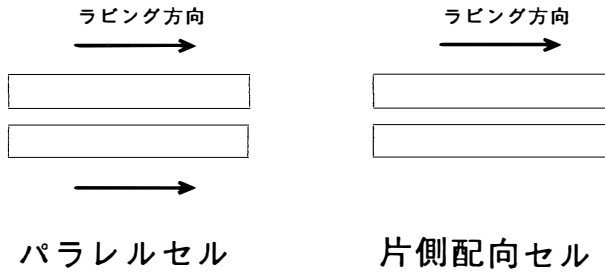


図2 測定用セルの構造

表1 配向剤のプレチルト

配向剤	略記	γ° プレチルト *1
P S I - A - 2 4 0 1	2 4 0 1	13.7°
P P S I - A - 2 0 0 1	P P O 1	5°
P P S I - G - 4 0 0 1	Z S A	5°
P P S I - A - X 0 5 5	X O 5 5	2°
ポリビニルアクリレート	P A N	2°
ポリビニルアルコール	P V A	0.2°

2.1 セルの初期状態

図3に各配向剤を用いて作製したセルの初期配向状態のクロスニコル下での偏光顕微鏡観察写真を示す。写真はそれぞれラビング方向をポーライザの方向にそろえてある。

2401:いくつかの方向を向いたドメインが見られるがだいたい3つの方向を向いている。

平均的配向方向がラビング方向を向いた $20\sim 30\mu\text{m}$ の小さなドメインが重なったようになっており,他では大きいもので $100\mu\text{m}$ の木の葉状のドメインがラビング方向から約 $\pm 20^\circ$ 傾いた方向に配向している部分が見られる。

PPO:ドメインは2401よりはっきりとラビング方向, $\pm 20^\circ$ 傾いた3つの方向にわかれているのがわかる。

ZSA:ラビング方向から $\pm 8^\circ$ 傾いた棒状のドメインが全体にわたって分布して縞模様になっている。また,セルを数度傾けると縞模様が反転する。

X055, PVA:小さなドメインが全体に様々な方向を向いて分布している。

PAN:ZSAと同様に細長い棒状ドメインがラビング方向を向いている。

液晶セルのコントラストを上げるにはドメインの方向が全体的に一定の方向を向いたものがよい。したがって,(PAN, ZSA) > (2401, PPO) > (X055, PVA)の順に配向状態が良いといえる。

ここで,配向剤のプレチルト角とドメインのラビング方向からのずれとの関係をグラフに示す(図4)。プレチルト角が減少するにつれラビング方向のずれも減少し 2° 付近で最小値をとる。しかし,同じプレチルト角の配向剤でもPANとX055ではばらつきに大きな差が見られる。また,PVAはプレチルト角が小さいにも関わらずばらつきが大きい。

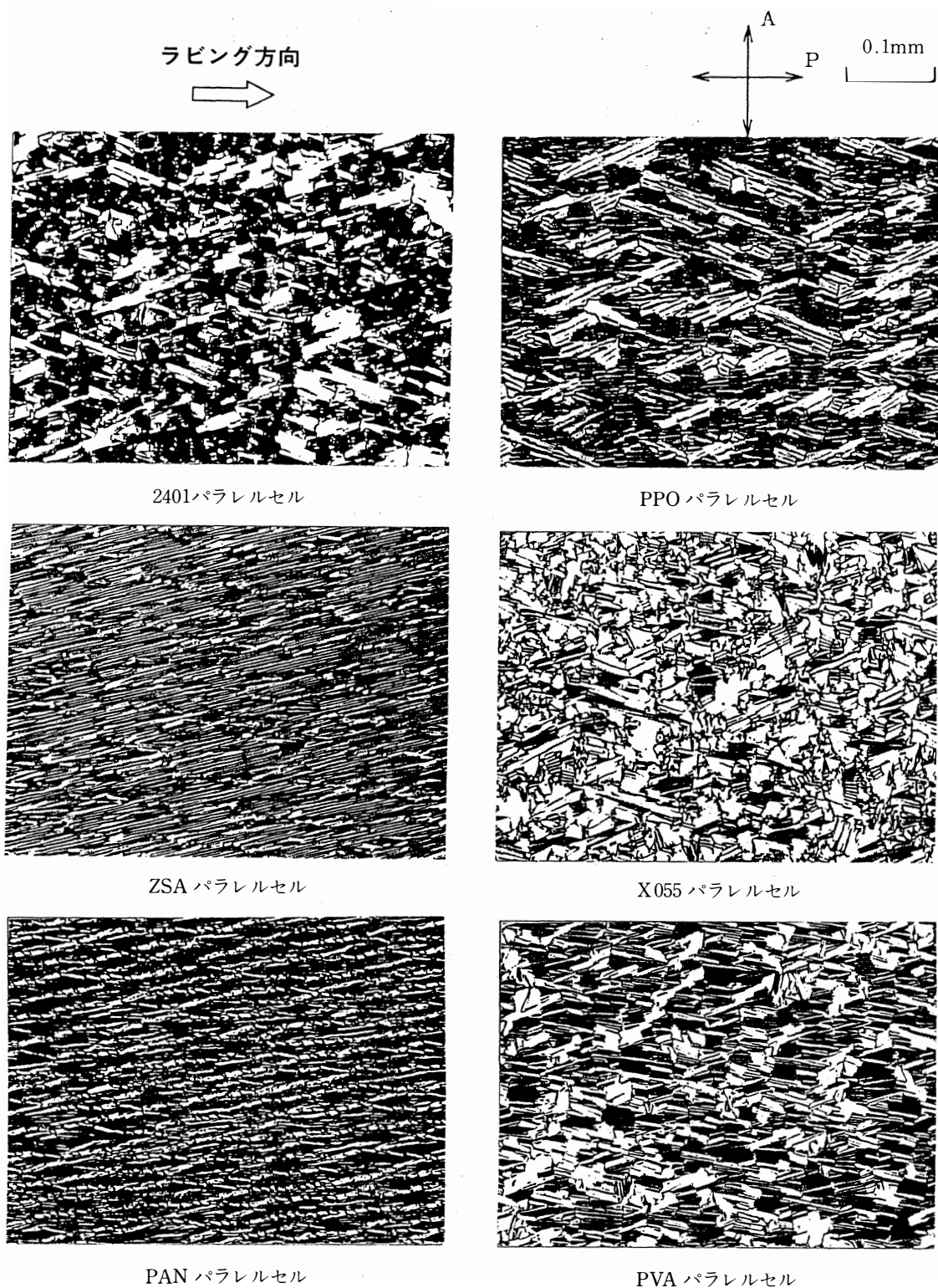


図3 各セルの偏光顕微鏡写真（初期状態）

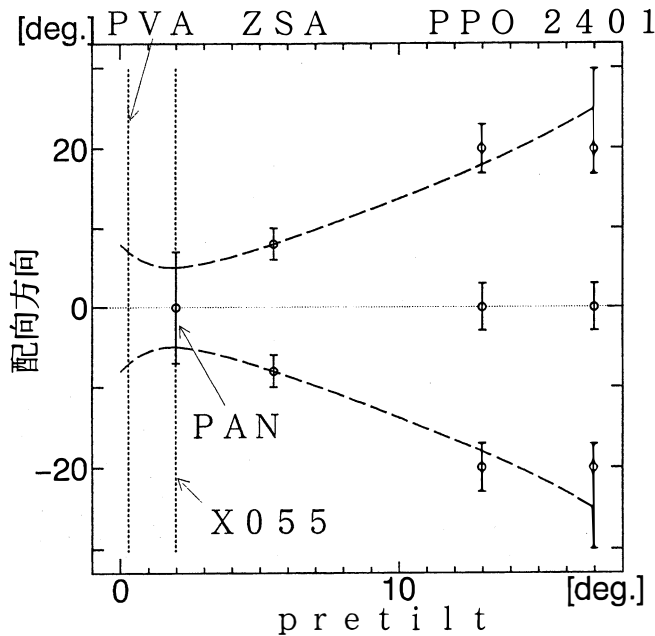


図4 プレチルトードメイン方向

2.2 配向膜のAFM 観察

本原因の一つとして考えられる配向膜の表面状態のAFM像を示す(図5, 6)。

2401: 配向膜表面には写真中央にラビングによる溝が見られるが、全体としては大きな凹凸のない平坦な状態になっている。

PPO: 配向膜表面には、ラビングによる溝がほぼ等間隔に並んでいるように見える。その間隔は約1 μ m程度である。

ZSA: 配向膜表面には、深い溝が数本あるが全体には間隔が狭くあまり高低差のない溝が多く見られる。全体より低い部分だけでなく高い部分があることからラビングによりこすられた部分に溝が入るのではなく周りが削り取られて深い溝ができたと考えられる。

PAN: 配向膜表面には、200nmの間隔で、深さ約5nmの溝が全体に見られ大きな凹凸のないなだらかな表面になっている。

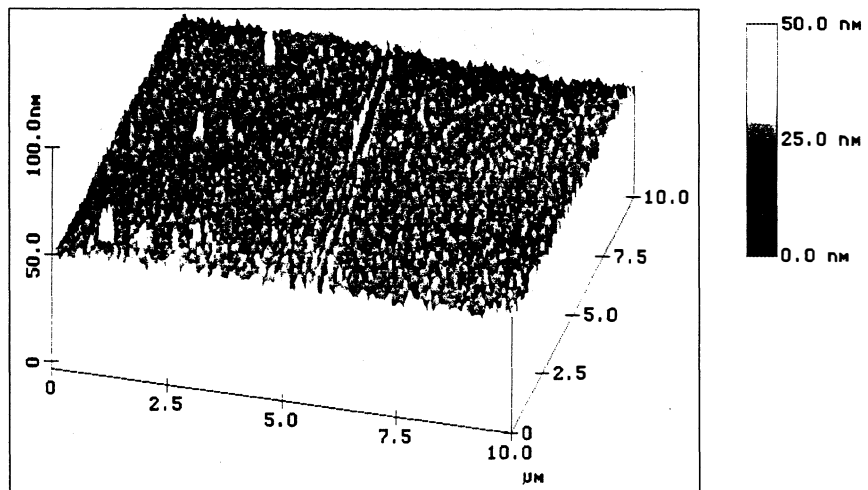
X055: 配向膜表面には、ラビングによる筋がはっきりと数多く見られる。約100~400nmの間隔で幅50~100nm、深さ約1.4~8.6nmの溝が存在している。全体的にかなり荒れた表面になっている。

PVA: 配向膜表面は、大きな凹凸がなくなだらかなものではあるが、ラビングによる溝がほとんど見ることができない。

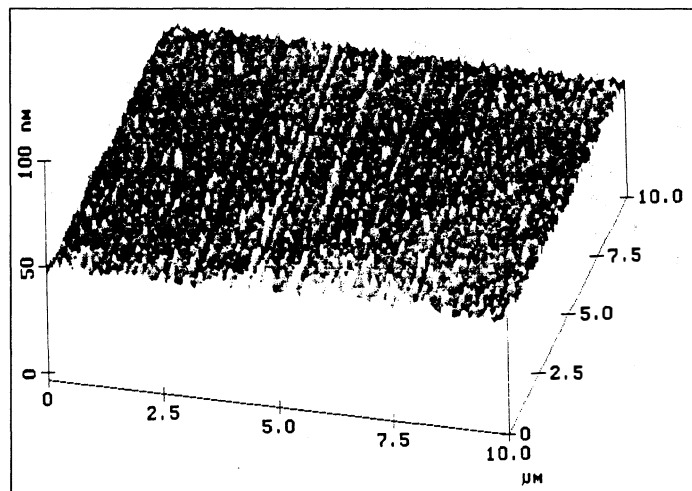
ここで、PANとX055のドメインのばらつき差の原因については、プレチルトが同じでも配向膜の表面が荒れているとドメインのばらつきが大きくなり良い配向を得ることができないためと考えられる。

また、PVAでは、表面はなだらかなものであるが溝の方向がはっきりしないためドメイン方向のばらつきが大きくなるものと考えられる。

2401



PPO



ZSA

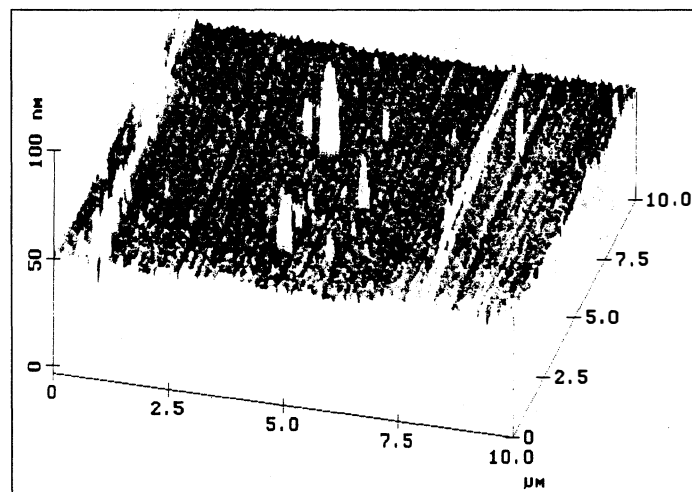
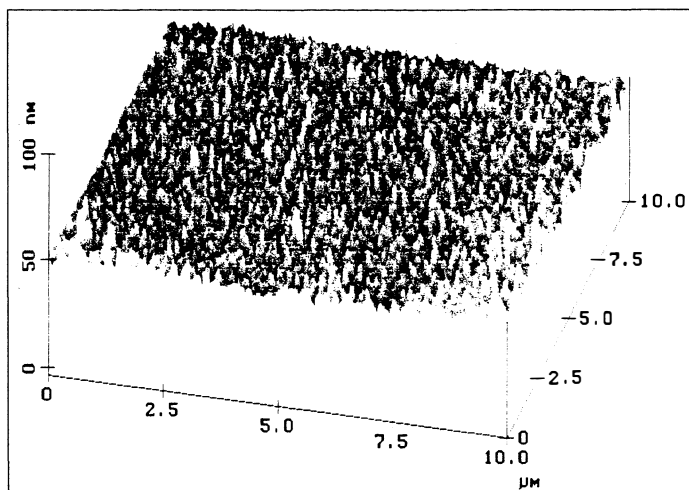
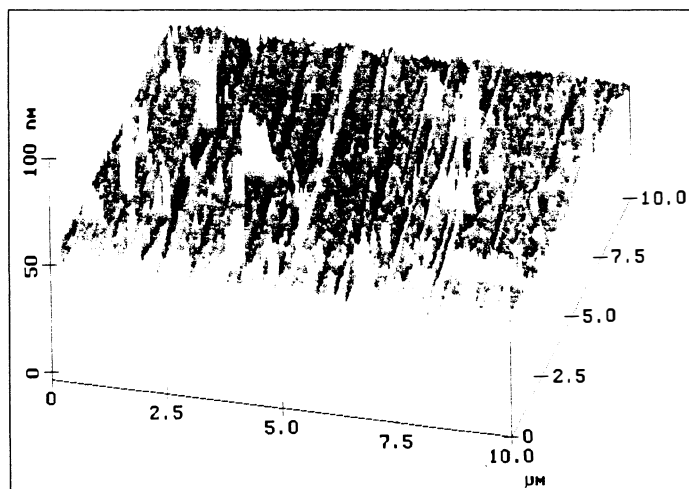


図5 各配向膜の AFM 写真

PAN



X055



PAV

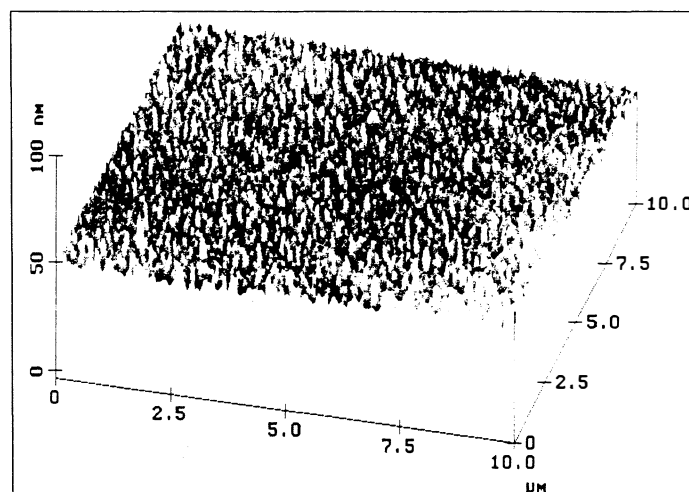
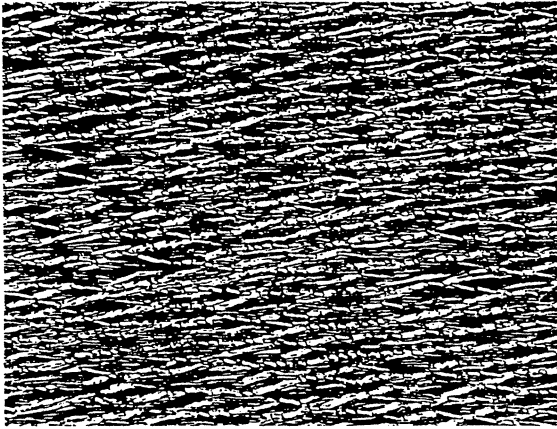
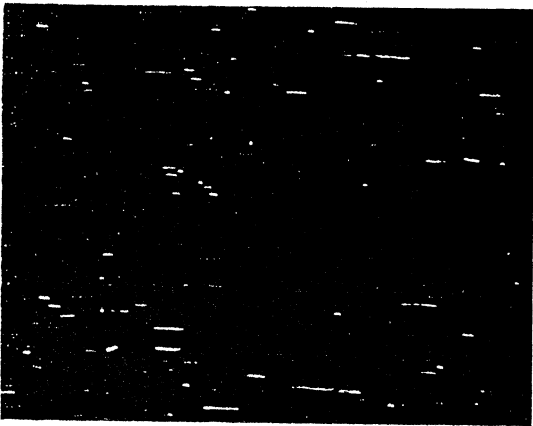
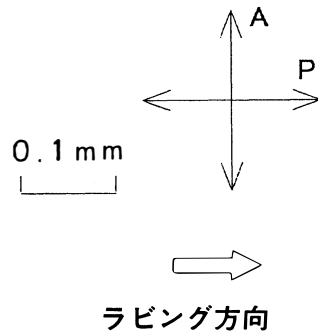


図6 各配向膜のAFM写真



コントラスト比 7.8
(a) パラレル初期状態



コントラスト比 22.4
(b) 片側配向（電界印加前）



コントラスト比 24.8
(c) 片側配向（電界印加後）

図7 PANセルでの種々の処理による配向変化

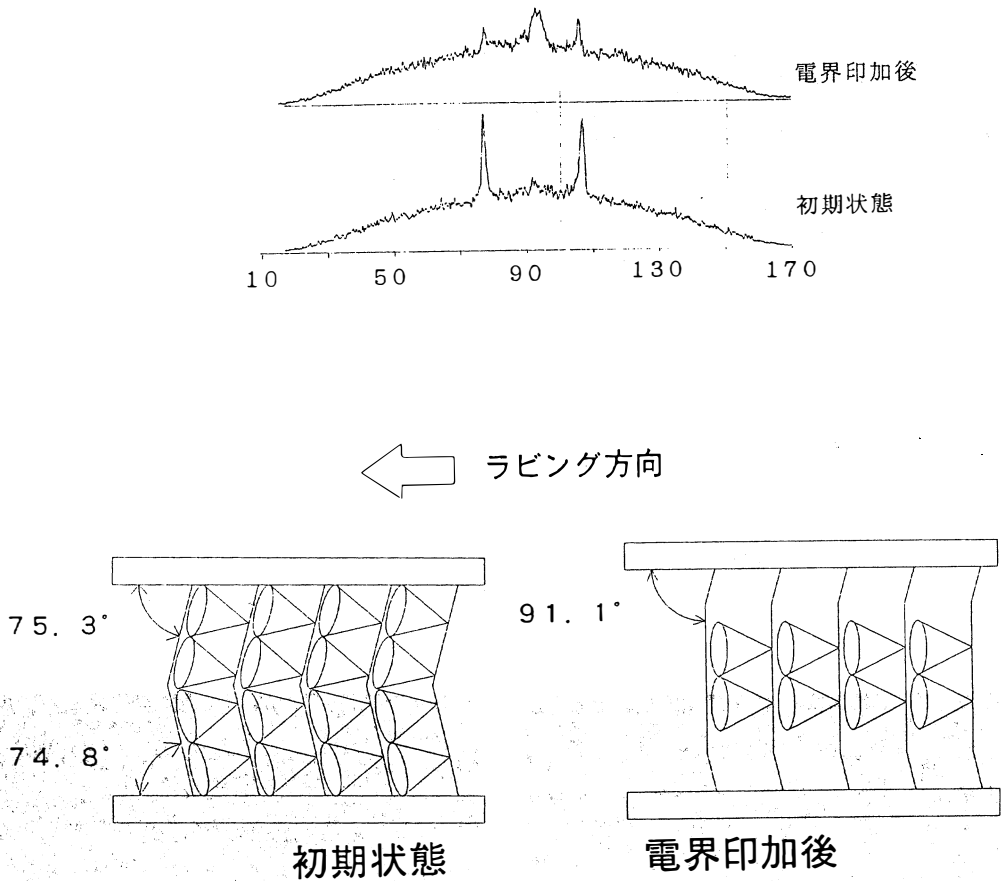


図8 PAN (片側配向セル) の層構造変化

2.2 片側配向処理, 電界印加によるコントラストの改善

良好な配向を得るため用いられている自己修復法³⁾ (三角波, 35V (peak), 10Hz, 60°C), 片側配向⁴⁾について検討した。配向剤は PAN を用い平行セル, 片側配向処理セルを作製した。それぞれの偏光顕微鏡写真を図7に示す。平行セルで見られる棒状のドメインは片側配向処理セルではほとんど見られない。クロスニコル下でのコントラスト比は, 平行セルが7.8であるのに対し, 片側配向処理セルでは22.4となっている。これは片側配向処理の場合は壁面の影響は片方だけであるのに対して, 平行セル両側の壁面の影響を受けるので層に歪みが生じて配向状態を悪化させているものと考えられる。

さらに, 片側配向処理セルに電界を印加した。30分後, 図7のようにドメインはさらに少なくなりコントラスト比は24.8とはった。またこのときのX線回折結果を図8に示す。電界印加前はシェブロン構造であるのに対し, 電界印加後はブックシュルフ構造になっており, これが良配向をもたらした原因の1つであると考えられる。

3. ま と め

- (1) 良い配向を得るには配向膜のプレチルトが小さいものがよく、それと同時に膜に規則的に溝があり、表面状態の滑らかなものがよい。
- (2) 片側配向処理，電界印加によってさらに良配向のセルを得ることができた。

4. 参 考 文 献

- 1) 加藤豊章：1993 富山大学修士論文.
- 2) A.D.L. Chandani, Y. Ouchi, H. Takezoe, A. Fukuda: *Jpn. J. Appl. Phys* **27** (1989)L1265.
- 3) K. Itoh, M. Johno, Y. Takanishi, Y. Ouchi, H. Takezoe and A. Fukuda: *Jpn. J. Appl. Phys* **30** (1991) L735.
- 4) M. Johno, K. Itoh, J. Lee, Y. Ouchi, H. Takezoe, A. Fukuda and T. Kitazume: *Jpn. J. Appl. Phys* **29** (1990) L107.

この論文は，第19回液晶討論会で発表された。

The Alignment Properties in Antiferroelectric Liquid Crystals

Tadashi Honda, Toyooki Kato, Manabu Watanabe
Hiroyuki Okada, Hiroyoshi Onnagawa and Kazuo Miyashita

Alignment control is one of the most important factors for applying the antiferroelectric liquid crystals (AFLC) to the flat panel display. The influences of alignment condition are studied by using six kinds of alignment materials. It seems necessary for the improvement of alignment properties in AFLC that the alignment layer has low pretilt angle, suitable groove and flatness.

By using alignment self-recovery method using applied triangular wave and one side rubbing of the glass substrate, the contrast ratio is three times as large as that of the parallel cell.

〔英文和訳〕

反強誘電性液晶の配向特性

本田 端, 加藤 豊章, 渡辺 学, 岡田 裕之,
女川 博義, 宮下 和雄

反強誘電性液晶をディスプレイに応用する際に、配向制御は重要な要因の1つである。本実験では6種類の配向剤を用いて配向に対する影響を調べた。

反強誘電性液晶の配向特性の改善にはプレチルト角が小さく、適度な溝と平坦性を持った配向膜が必要であることがわかった。三角波印加による自己修復法、片側配向を採用することでパラレルセルの3倍のコントラスト比を得ることができた。