

強誘電性 LCD

Ferroelectric Liquid Crystal Display

向 殿 充 浩 ^{*1} Mitsuhiro Kodon	実 吉 秀 治 ^{*1} Syuhji Miyoshi	繁 田 光 浩 ^{*1} Mitsuhiro Shigeta	野々村 啓 作 ^{*1} Keisaku Nonomura	杉 野 道 幸 ^{*1} Michiyuki Sugino
沼 尾 孝 次 ^{*1} Takaji Numao	勝 瀬 浩 文 ^{*1} Hirofumi Katsuse	田 川 晶 ^{*1} Akira Tagawa	川 端 泰 啓 ^{*1} Yasuhiro Kawabata	
P. A. Gass ^{*2}	M. J. Towler ^{*2}	E. P. Raynes ^{*2}	J. C. Jones ^{*3}	C. V. Brown ^{*3}
J. R. Hughes ^{*3}	A. Graham ^{*3}	M. J. Bradshaw ^{*3}	D. G. McDonnell ^{*3}	

要 旨

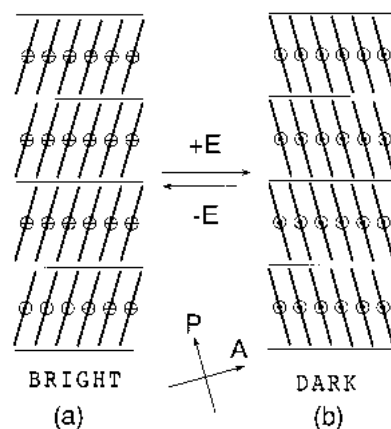
τ - V_{\min} モード強誘電性液晶ディスプレイ用要素技術を開発した。負の誘電異方性を有する強誘電性液晶材料を開発し、25 において23 μ sec/lineの応答速度を達成した。中程度のプレティルト角を示す配向膜を用いて、シェブロン層構造を有するC2-ユニフォーム配向を実現した。また、ディスプレイ内にスペーサ壁構造を作り込むことによって20kg/cm²という高い耐ショック性を実現した。これらの技術とデジタル階調技術(画素分割2ビット+時間分割3ビット)を組み合わせることで、240×320ドット、262,000色(RGB各64階調)の6型のカラー強誘電性LCDを試作した。

Key technologies for the τ - V_{\min} mode FLCs (Ferroelectric Liquid Crystal Displays) were developed. An FLC material with negative dielectric anisotropy was developed, realizing fast line address time of 23 μ sec/line at 25 . The C2-uniform (C2U) orientation with chevron layer structure was achieved by using an aligning film with medium pretilt angle. High shock stability (20kg/cm²) was achieved by making a spacer wall structure within display. Combining these key technologies with digital gray scale method (2 bits spatial dither and 3 bits temporal dither), a 6"-prototype color FLC with 240x320 dots, 262,000 colors (64 gray levels for each color) was fabricated.

まえがき

クラークとラガウォール¹⁾によって強誘電性LCDの基本原理が提案されて以来、強誘電性LCDの実用化を目指して活発な研究開発がなされてきた^{2),3)}。

強誘電性LCDが従来のLCDと大きく異なる点は、従来のSTN-LCDやTFT-LCDがネマティック液晶相を用いているのに対し、強誘電性LCDが自発分極をもったキラルスメクティックC液晶相を用いている点にある。キラルスメクティックC液晶相では液晶分子は層構造を形成し、分子は層に対して傾いて配列している。液晶セル内では、**図1**(a)(b)のような双安定な状態が出現する。強誘電性液晶は層に対して垂直な方向に自発分極(P_s)をもっており、その方向に電界を印加すると分子は電界の方向に自発分極を揃えるように再配列する。これに一对の偏光板(偏光子と検光子)を組み合わせることによって、白黒の表示を行うことができる。



⊕ ⊙; Direction of P_s

図1 強誘電性 LCD の原理
Fig. 1 Principle of FLCD.

*1 技術本部 機能デバイス研究所

*2 Sharp Laboratories of Europe, Ltd.

*3 Defence Evaluation and Research Agency (DERA)

従来のネマティック液晶は常誘電性であるため、電界印加によって引き起こされる応答速度は msec のオーダーであるが、強誘電性液晶は自発分極による電場との直接相互作用によってスイッチングするため、3桁程度速い μsec オーダーの応答速度が可能となる。また、強誘電性 LCD は、イン - プレイン - スwitching (IPS) であるため原理的に広視野角であり、また、メモリ性という特徴も兼ね備えている。これらの特徴を組み合わせることにより、大画面高精細の直視型単純マトリクス LCD が可能となる。

実用的な強誘電性 LCD の開発においては、分子配向制御が非常に重要である²⁾³⁾。強誘電性液晶の分子配向は、セル内の層構造によってブックシェルフ層構造とシェブロン層構造に分けられる。さらに、パラレルラビング(上下基板でのラビング方向が同一)のセルでは、シェブロン層構造をもつ配向に、C1 - ユニフォーム(C1U)、C1 - ツイスト(C1T)、C2 - ユニフォーム(C2U)、C2 - ツイスト(C2T)の4つの配向があることが知られている⁴⁾。このうち、C1U配向とC2U配向がクロスニコル下で消光位を示すため、実用的な配向状態と言える。

坪山ら⁵⁾ および向殿ら⁶⁾ はそれぞれ、高いプレティルト角(15°以上)を示す配向膜を用いることでC1U配向を選択的に得ることができ、このC1U配向を用いることで、単純マトリクス駆動波形印加時に、高いコントラストが得られることを報告している。さらに羽生らはC1U配向を用いて21型カラー強誘電性 LCD(1024 × 1280ドット、コントラスト40:1、64色表示)を開発している⁷⁾。

また、最近では、水谷らが、ブックシェルフ層構造を利用した15型カラー強誘電性 LCD(768 × 1024ドット、コントラスト100:1、画素分割法とデザ法を組み合わせたフルカラー表示(36 $\mu\text{sec}/\text{line}$)を発表している⁸⁾。

一方、向殿らは、負の誘電異方性をもつ強誘電性液晶材料が示す τ - V_{min} 特性⁹⁾(電圧 - 応答速度特性において、応答速度が極小値を示す現象)を利用することによって、C2U配向が高コントラスト、高速応答、広メモリ角を示すことを報告している¹⁰⁾。C2U配向を用いた τ - V_{min} モードは、C1U配向やブックシェルフ配向に比べて高速スイッチングが可能¹¹⁾であり、時間分割デジタル階調駆動に適している。

強誘電性 LCD は従来の LCD に比べて、動画階調表示が困難であること、及びショックに弱いことが欠点と言われてきた。本研究では、これらの課題を解決するための τ - V_{min} モード要素技術の開発について述べる。 τ - V_{min} モード用高速強誘電性液晶材料、C2配向

制御、耐ショックデバイス構造、デジタル階調駆動技術について述べ、これらの要素技術を用いて試作した6型カラー強誘電性 LCD を紹介する。

1. $-V_{\text{min}}$ モード強誘電性 LCD 要素技術

1.1 強誘電性液晶材料

強誘電性液晶材料の τ - V_{min} 特性において、極小値での電圧値を V_{min} 、応答速度を τ_{min} と呼ぶが、 V_{min} は低いほど好ましく、 τ_{min} は速いほど好ましい。 V_{min} を下げるには、液晶材料が小さな自発分極と正の大きな二軸誘電異方性をもつことが必要である¹²⁾。一方、 τ_{min} を速くするためには、ある程度以上の大きさの自発分極が必要であり、粘度は低いほうが好ましい。

また、配向性の観点から、INAC 相系列 (Isotropic - Nematic - Smectic A - Smectic C) とネマティック相およびスメクティック C 相での長いらせんピッチが必要である¹³⁾。また、駆動温度範囲、保存温度範囲の観点から、広い温度範囲でスメクティック C 相を示すことが求められる。

これらのことを考慮して開発した強誘電性液晶材料 FDS-2 の特性を図2に示す。この液晶材料は、25°Cにおいて、12 μsec の τ_{min} 、33V の V_{min} を示す。

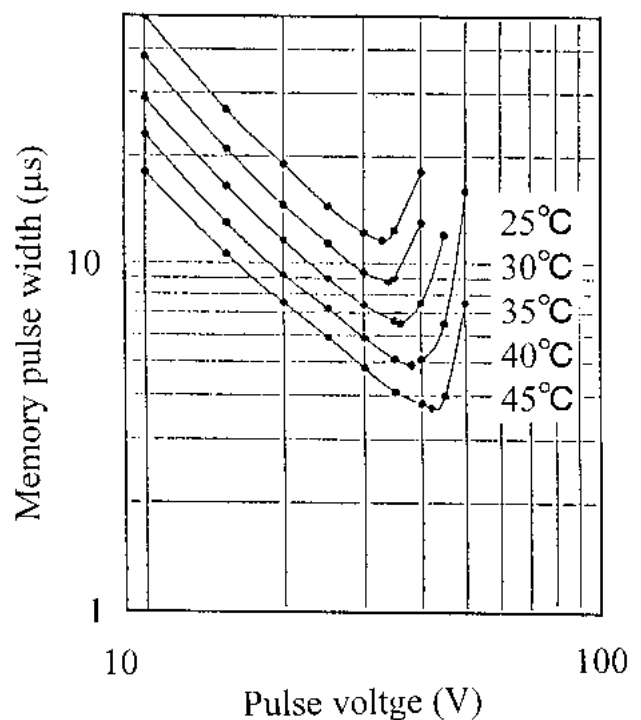


図2 開発した強誘電性液晶材料 FDS-2 の特性。

Fig. 2 The characteristic of the developed FLC material FDS-2.

1・2 デバイス構造と配向制御

開発した強誘電性 LCD の構造を図 3 に示す。カラーフィルタ基板およびガラス基板上に ITO 電極を形成し、その上に絶縁膜、配向膜を形成する。配向膜には通常のポリイミド膜を用い、両方の基板のラビング方向は平行である（パラレルラビング）。

中程度のプレティルト角（約 3° ）を有する配向膜を用いることで C 2 U 配向を選択的に得ることができた。C 2 U 配向の分子配向モデルを図 4 に示す。

また、後述するように、画素分割階調法を用いるため、RGB の各画素は、それぞれ 1 : 2 の面積比で分割されている。

耐ショック性を高めるために、強誘電性 LCD の中にスペーサ壁構造¹⁴⁾を作り込んだ。セル厚は $1.3\mu\text{m}$ で

ある。上下基板をスペーサ壁で完全に接着することにより、 $20\text{kg}/\text{cm}^2$ という高い耐ショック性が得られた¹⁵⁾。

1・3 階調駆動表示

強誘電性 LCD では困難と言われてきた動画階調表示を実現するため、画素分割と時間分割を組み合わせるデジタル階調駆動技術を開発した。画素分割は 2 ビットとし、画素を 1 : 2 の面積比に分割した。また、時間分割は 3 ビットとし、1 : 4 : 16 の時間比に分割した。2 ビット画素分割と 3 ビット時間分割を組み合わせることにより、64 階調の動画表示が可能となった。

図 5 に、駆動波形を示す。1 / 480 デューティ、 $23\mu\text{sec}/\text{line}$ で駆動する。典型的な値としては、 $V_s=40\text{V}$ 、 $V_d=7\text{V}$ である。

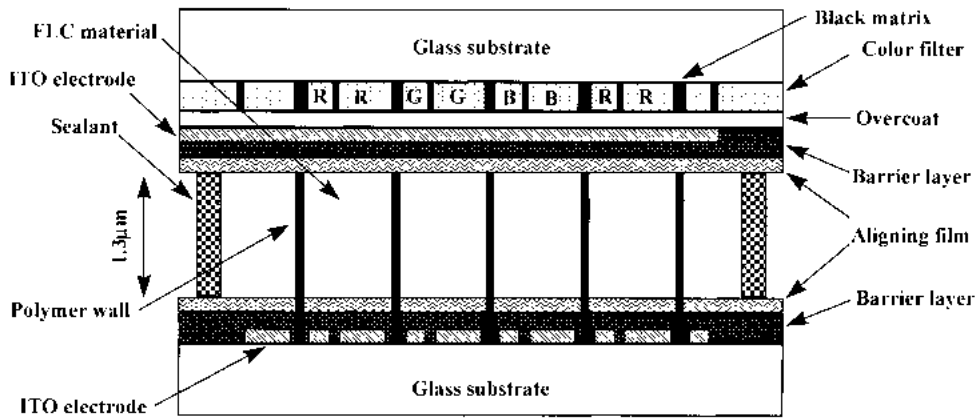


図 3 開発した強誘電性 LCD の構造
Fig. 3 Device structure of the developed FLC.

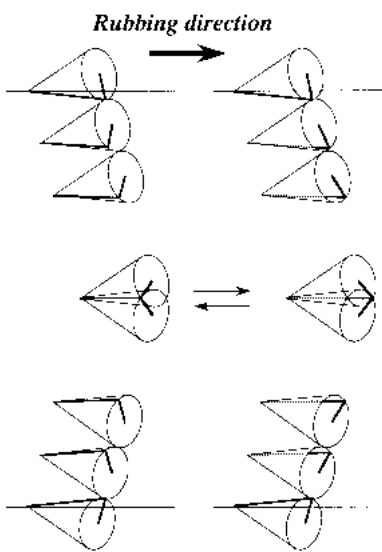


図 4 C 2 U 配向
Fig. 4 The C2U orientation.

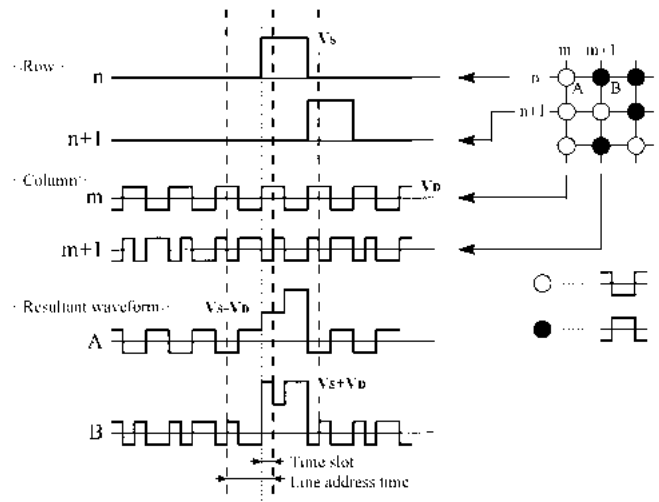


図 5 開発した 6 型強誘電性 LCD の駆動波形
Fig. 5 Drive waveform which is applied in the 6''-prototype FLC.

2. 6型強誘電性 LCD 試作品

上記の開発要素技術を用いて6型カラー強誘電性LCDを試作した。試作品の仕様を表1に示す。画素数は240×320ドット,表示色262,000色(64階調),コントラスト60:1,耐ショック性20kg/cm²,メモリ角30°である。

表1 開発した6型カラーFLCDの仕様

Table 1 The specifications of the developed 6" color FLC D.

Display area	6"
Pixel number	240×320(×3)
Cell thickness	1.3μm
Rubbing	Parallel rubbing
Orientalional state	C2-uniform (C2U)
Shock stability	20kg/cm ²
Drive voltage	V _s =40V, V _d =7V
Line address time	23μs/line
Duty ratio	1/480
Frequency	60Hz
Contrast ratio	60:1
Gray scale	64 gray levels
Color	262,000 colors

むすび

本研究では,これまで強誘電性LCDの根本的問題点と言われてきた階調表示と耐ショック性の課題を解決するための要素技術を開発した。今後は,大表示容量化,大画面化とともに,PDPなどでも問題になっているデジタル階調駆動によって発生する動画偽輪郭対策が必要となる。

謝辞

機能デバイス研究所,ヨーロッパ研究所および Defence Evaluation and Research Agency の共同研究者に感謝致します。

参考文献

- 1) N. A. Clark and S. T. Lagerwall, Appl. Phys. Lett., 36, 899 (1980).
- 2) 向殿充浩 オプトロニクス, No.2, 52 (1994).
- 3) M. Koden, Ferroelectrics, 179, 121 (1996).
- 4) M. Koden, H. Katsuse, A. Tagawa, K. Tamai, N. Itoh, S. Miyoshi and T. Wada, Jpn. J. Appl. Phys. 31, 3632 (1992).
- 5) A. Tsuboyama, Y. Hanyu, S. Yoshihara and J. Kanbe, Proc. Japan Display '92, 53 (1992).
- 6) M. Koden, T. Numao, N. Itoh, M. Shiomi, S. Miyoshi and T. Wada, Proc. Japan Display '92, 579 (1992).
- 7) Y. Hanyu, K. Nakamura, Y. Hotta, S. Yoshihara and J. Kanbe, SID 93 Digest, 364 (1993).
- 8) H. Mizutani, A. Tsuboyama, Y. Hanyu, S. Okada, M. Terada and K. Katagiri, Abstract of FLC '97, 66 (1997).
- 9) P. W. H. Surguy, P. J. Ayliffe, M. J. Birch, M. F. Bone, I. Coulson, W. A. Crossland, J. R. Hughes, P. W. Ross, F. C. Saunders and M. J. Towler, Ferroelectrics, 122, 63 (1991).
- 10) M. Koden, H. Katsuse, N. Itoh, T. Kaneko, K. Tamai, H. Takeda, M. Kido, M. Matsuki, S. Miyoshi and T. Wada, Ferroelectrics, 149, 183 (1993).
- 11) J. R. Hughes and E. P. Raynes, Liq. Cryst., 13, 597 (1993).
- 12) M. J. Towler, J. C. Jones and E. P. Raynes, Liq. Cryst., 11, 365 (1992).
- 13) M. J. Bradshaw, V. Brimmell and E. P. Raynes, Liq. Cryst., 2, 107 (1987).
- 14) S. R. Lee, O. K. Kwon, S. H. Kim and S. J. Choi, SID 97 Digest, 1051 (1997).
- 15) P. A. Gass, M. J. Towler, M. Shigeta, K. Tamai, H. Uchida, P. E. Dunn, S. D. Haslam and J. C. Jones, Proc. IDRC, L-28 (1997).

(1997年9月17日受理)