

羽藤 仁
H. Hatoh

現在の LCD (液晶ディスプレイ) の性能上の最大の課題である視野角について、これを改善する種々の手法の効果を ISO-REC (ISO-Reverse-image, Excessively-dark/bright image and Contrast-ratio) 特性を用いてシミュレーションした。その結果、DD (Dual Domain) TN (Twisted Nematic)-LCD がもっとも効果的であることがわかった。また、DD TN-LCD を得るための Mask-Rubbing (MR) 液晶配向法に関して、配向膜に与える各種溶剤の影響を検討し、MR 法用の配向膜とレジスト材料およびプロセス技術を開発した。これにより、1,152×900 画素、対角 13.8 インチの DD TN TFT (薄膜トランジスタ)-LCD を作製し、DD TN-LCD が従来の TN-LCD に比べて非常に広い視野角があることを実証した。

Various techniques used to improve the viewing angle characteristics of twisted-nematic liquid-crystal displays (TN-LCDs) were investigated by using the ISO reverse-image, excessively dark/bright-image, and contrast-ratio (ISO-REC) method. It was found that dual-domain (DD) TN-LCDs have the most desirable viewing angle characteristics. In addition, the influence on the liquid crystal alignment properties resulting from the material and process conditions used in the mask-rubbing process for DD TN-LCDs was also investigated.

On the basis of these investigations, the optimum combination of the alignment layer and photoresist was identified and a DD TN 13.8-inch diagonal thin-film transistor LCD (TFT-LCD) prototype was successfully fabricated. It was confirmed that the DD TN-LCD has very wide viewing angle characteristics compared to conventional TN-LCDs.

1 まえがき

LCD は、薄型・軽量という特長を生かして、各種の OA 機器やテレビなどに広く用いられるようになった。しかしながら、LCD は視野角が狭く、これが表示性能上の最大の課題となっている。以下、LCD の視野角に関し、その評価法および改善技術について紹介する。

2 LCD の視角特性評価法

LCD の電気光学特性の視角依存性は、微妙な輝度差の認識が必要な階調表示時に大きく問題となる。図 1 に一例として、TN 液晶を用いた階調表示 TFT (薄膜トランジスタ) アクティブマトリックス LCD の表示の視角依存性を示す。正面では正常に表示しているが、上方位から観察すると“白抜け”(EB: Excessively Bright image) が発生し、またコントラスト比 (CR: Contrast Ratio) が低くなっている。一方、下方位では入射角が小さい場合には“黒つぶれ”(ED: Excessively Dark image) が発生し、入射角が大きい場合には表示の

“反転”(RI: Reverse Image) が起きている。

われわれは、これら表示不良を評価するのに便利なチャートとして ISO-REC (先の表示不良の頭文字からの命名) 特性図⁽¹⁾を提案した。図 2 にその一例を示す。ここで、視角は入射角 θ と方位角 ϕ とで表し、また、評価を簡単にするため 8 階調表示を想定している。図中の斜線領域は、反転が発生することを各反転レベルごとに表している。また、黒丸と白丸領域は、反転がない領域でそれぞれ 2 階調以上の黒つぶれと 5 階調以上の白抜けが発生することを示している。点線は CR を示す。ISO-REC 特性において、斜線、黒丸、白丸のない領域が正常な表示領域であり、この領域が広いほど良く、また、この領域内での CR が高いことが良い。

3 各種 LCD の視角特性

上に述べた ISO-REC 特性を用いて、各種の視角改善手法の効果を計算機シミュレーションにより検討した⁽²⁾。

3.1 偏光板配置の適正化

TN セルの 2 種の偏光板配置すなわち、偏光透過軸と液晶分



(a)上斜方から観察
“白抜け”が発生

(b)正面から観察
正常に表示

(c)下斜方(角度小)から観察
“黒つぶれ”が発生

(d)下斜方(角度大)から観察
“反転”が発生

図1. 通常のTN型TFT-LCDの視角特性 上方向で“白抜け”, 下方向で“黒つぶれ”や“反転”の表示不良が発生する。

Appearance of conventional TN TFT-LCD at various viewing angles

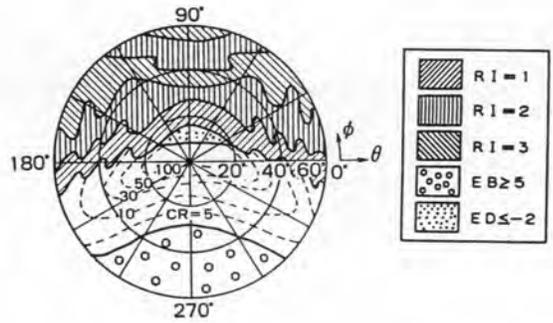


図2. ISO-REC 特性の例 反転, 黒つぶれ, 白抜けの視角依存性を定量的に表すことができる。

Example of ISO-REC curve (conventional TN-LCD)

子長軸が平行の Extraordinary モード (E モード) および直交の Ordinary モード (O モード) の ISO-REC 特性を図3(a), (b)に示す。図から, E モードのほうがO モードより左右方位の視野角が広いことがわかる。

3.2 光学補償法

TN セルと偏光板の間に負または正の一軸光学異方層を挿入した場合の ISO-REC 特性を図3(c), (d)に示す⁽³⁾。この図から, 負の一軸光学異方層により左右の視野角が改善されることがわかる。しかし, 上方位で反転現象は悪化している。

また, TN セルと偏光板の間に, TN セルの液晶配列のねじれ方向と同方向および逆方向のねじれ構造光学異方層を挿入した場合の ISO-REC 特性を図3(e), (f)に示す⁽³⁾。この図から補償板のねじれ方向によって ISO-CR 特性が上下に移動することがわかる。逆方向ねじれ補償板を用いると, 反転や黒つ

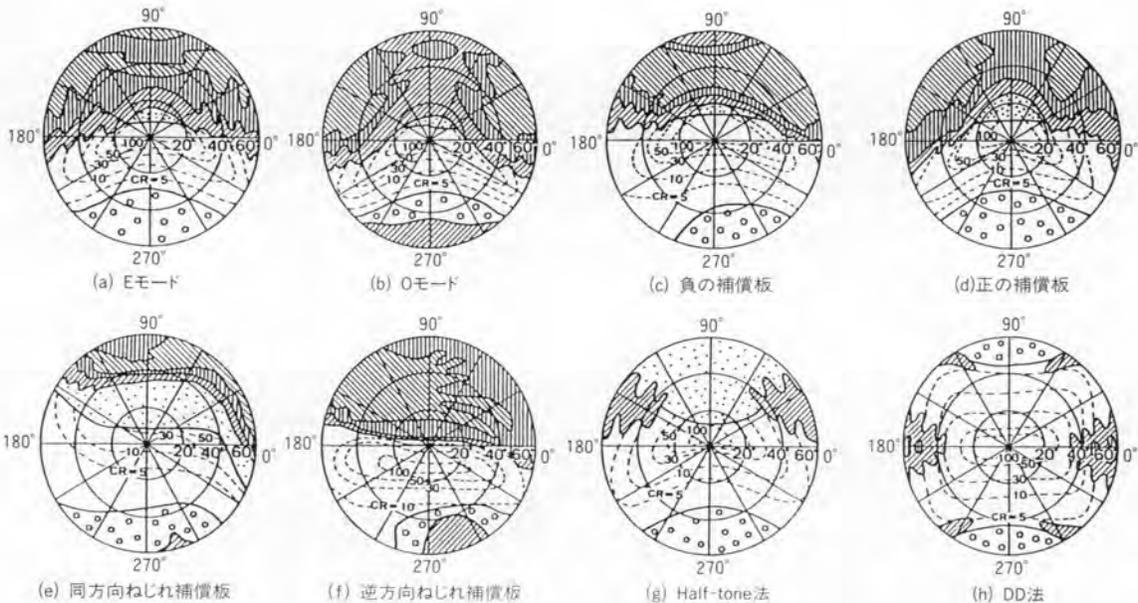


図3. 各種の視角改善手法の効果(計算機シミュレーション結果) 偏光板配置はEモードが良い。負の一軸光学補償層により左右方向が改善する。Half-tone法は黒つぶれが残る。一番視角が広いのはDD法である。

ISO-REC curves for various LCDs

ぶれのない下方位に高CR領域を移動でき、実用的な視野角が広がる。しかし、その効果はまだ不十分である。

3.3 Half-tone 法

この方法では、一つの画素を分割し、それぞれの分割画素への印加電圧を一定の比でそれぞれ変える⁽⁴⁾。図3(g)にHalf-tone法TN-LCDのISO-REC特性を示す。この図から、Half-tone法では、反転現象がかなり改善するが、黒つぶれ現象はほとんど改善されていないことがわかる。黒つぶれは、電圧印加時の液晶分子の動きが一方であることに起因しており、Half-tone法でもこのことが起きるため、黒つぶれが改善されないものと考えられる。

3.4 Dual Domain (DD) 法

この方法では、図4に示すように一つの画素を分割し、それぞれの画素での液晶配向方向を逆としている。図3(h)に、DD TN-LCD⁽⁵⁾のISO-REC特性を示す。この図からわかるように、DD TN-LCDによれば反転や黒つぶれなどがない広い視野角が得られる。

これは、DD TN-LCDでは、電圧印加時の液晶分子の動きの方向が各分割画素で互いに逆であり、反転、黒つぶれ、白抜けなどの各特性が上下方向で補償されるためである。

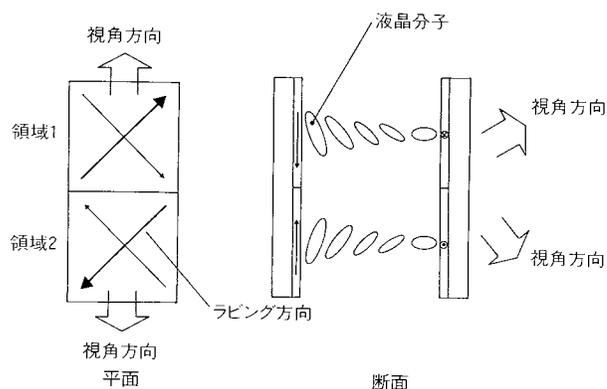


図4. DD TN-LCDの液晶分子配列 一つの画素を上下に2分割し、各分割画素での液晶分子配列を逆方向とすることにより、上下方向の視角を補償する。

Liquid crystal alignment configuration in DD TN-LCD

MR法では、ラビング処理の終わった配向膜表面をレジスト材で一度覆い、また、現像液、剥離液などに接触させるので、これら材料が配向膜の性能を劣化させないことが必要である。

われわれは、種々の検討により、配向諸特性の劣化のないMR法用配向膜、レジスト材料およびプロセス技術を開発した。

5 13.8インチDD TN TFT-LCDの表示性能

以上の検討結果に基づき、対角が13.8インチ、画素数が1,152(H)×900(V)のMR法DD TN TFT-LCDを開発した⁽⁶⁾。このLCDのISO-REC特性の測定結果を、通常のTN-LCD(Eモード偏光板配置)と比較して図5に示す(シミュレーション結果と上下逆になる)。測定結果はシミュレーション結果とよく一致し、DD TN-LCDは通常のTN-LCDと比較して非常に広い視野角をもっていることがわかる。

図6にこれらLCDの表示例を示す。通常のTN-LCDでは正面からの観察においてさえ、画面内の視角の差により画面上下で濃淡むらが発生している。また、下方向からの観察で

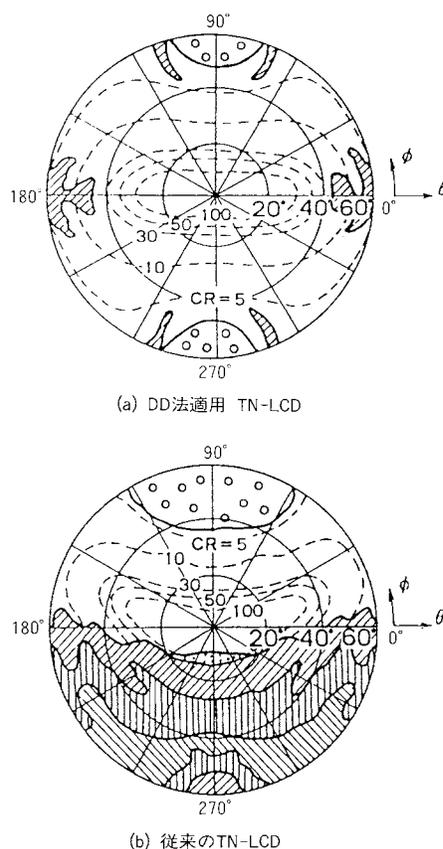


図5. 13.8インチDD TN TFT-LCDと通常TN TFT-LCDのISO-REC特性 DD TN-LCDは通常TN-LCDと比較して視角が広いことが確認できた。

ISO-REC curves for newly developed 13.8-inch DD TN TFT-LCD and conventional TN TFT-LCD

4 DD TN-LCDの作製技術

DD TN-LCDは、MR法により次のように作製される。まず、基板上に配向膜を形成し全面をラビングする。この上に、感光性レジストを塗布し所定の形状に露光、現像することにより、分割画素の一方だけ(例えば領域1)を露出させる。そして、このレジストをマスクとして第1のラビングと逆方向に第2のラビングを行う。その後、レジストを剥(はく)離することにより、領域1では第2のラビング、領域2では第1のラビングで規定される液晶配向を得ることができる。

正面から観察



斜方から観察



(a) DD 法適用 TN-LCD

(b) 従来の TN-LCD

図 6. 13.8 インチ DD TN TFT-LCD と通常 TN TFT-LCD の表示例と比較して視角が広い。 DD TN-LCD は、反転や黒つぶれなどがなく、通常 TN-LCD

Display appearances of newly developed 13.8-inch DD TN TFT-LCD and conventional TN TFT-LCD

は反転が起きている。これに対し、DD TN-LCD は正面からの観察で均一な表示を示しており、また斜め方向からの観視でも反転が見られず、非常に広い視野角をもっている。

文献

- (1) J. Hirata, et al: Viewing-angle Evaluation Method for LCDs with Gray-scale Images, J. SID, 1, 4, pp.405-410 (1993)
- (2) Y. Tanaka, et al: Quantitative Comparison of LCD-viewing-angle-improvement Brought About by Various Methods, IDRC'94, pp.507-510 (1994)
- (3) H. Hatoh, et al: Viewing-angle Magnification in ATN-LCD with an Ultra-super-twisted Liquid-crystal Compensator, J. SID, 1, 3, pp.1-6 (1993)
- (4) K. R. Sarma, et al: A Wide-viewing-angle 5-in. -diagonal AMLCD Using Halftone Grayscale, SID 89 Digest, pp.148-150 (1989)
- (5) Y. Koike, et al: A Full-color TFT-LCD with a Domain Divided Twisted-nematic Structure, SID 92 Digest, pp.798-801 (1992)
- (6) M. Okamoto, et al: Wide-viewing-angle Dual-domain 13.8" TFT-LCD produced by Mask-rubbing Alignment Method, AM-LCD94, pp.88-91 (1994)

7 あとがき

従来の LCD の性能上の最大の課題である視野角について、これを改善する種々の方法の効果を ISO-REC 法を用いて評価した。

DD 法が視野角の拡大に対してもっとも効果的であり、これを作製するための特殊な配向膜とレジスト材料およびプロセス技術を開発した。これにより、1,152×900 画素、対角 13.8 インチの DD TN TFT-LCD を作製し、DD TN-LCD が従来の TN-LCD に比べて非常に広い視野角をもっていることを実証した。

今後も LCD の表示性能の向上をさらに追求し、より見やすく使いやすいディスプレイの実現を目ざし努力していきたい。



羽藤 仁 Hitoshi Hatoh, D.Eng.

1982 年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、ディスプレイデバイス技術研究所ディスプレイデバイス開発第二部主査、工博。 Display Device Engineering Lab.