

## 最近の技術から

# 液晶ディスプレイの視野角拡大技術

内田 龍 男

東北大学工学部電子工学科 〒980-77 仙台市青葉区荒巻

### 1. ま え が き

薄膜トランジスタ (TFT) 型液晶ディスプレイ (LCD) の表示品位は正面からみる限り, CRT (cathode-ray tube) に勝るとも劣らないレベルに達してきている。しかし視点を上下に移動させると, 一方では画像の明暗が反転し, 他の方向では白っぽい (コントラストの低い) 画像になってしまう。このために本来の良好な画像が得られる角度範囲は  $20\sim 30^\circ$  程度の狭い範囲に制約されている。これは, TN 方式 (ねじれネマティック方式) の中間調表示の状態では分子が斜めに起きあがった状態となり, この状態ではみる方向 (視角) によって起きあがりかたが違って見えるために, 透過率が大幅に変化するからである。ディスプレイの大型化が進むにつれて, 画面の上部と下部では視角が異なるために正面からみても上述のような表示の変化が問題とされ始めた。

これに対して, 最近その改善策としていくつかの方式が提案されている。以下, それらの原理と特長について概説する。

### 2. 各種の視野角拡大方式

視野角拡大方式の第1は, TN 方式を用いた画素電極分割法 (ハーフトーン法とも呼ばれる)<sup>1,2)</sup> である。各画素電極を2つのサブピクセルに分割して, その一方には TFT の電圧を直接印加し, 他方にはキャパシタンスを介して一定の割合で減少させた電圧を印加する方法である。TN セルは閾電圧以下あるいは飽和電圧以上ではかなり広い視角を有することを巧みに利用している。すなわち, 低電圧側では TFT に直結しているサブピクセルが中間調を表示するが, 他方のサブピクセルでは閾値電圧以下となるために平均的には広い視野角を有することになる。また高電圧側では直結側のサブピクセルに飽和電圧が印加され, 他方のサブピクセルで中間調を表示することになるが, 平均的にはやはり広い視野角を有する

ことになる。これによって, 中間調表示状態で視角による表示の白黒反転は解消されるとともに, 視角依存性が大幅に減少することになる。

第2の方法は, マルチドメイン法 (dual-domain 法, compensated-TN 法とも呼ばれる)<sup>3-5)</sup> である。各画素を2つの領域に分けて各々の部分でプレティルト角 (基板に対する液晶分子の微小な傾斜角) を互いに反転させたものである。これによって中間調表示状態では分子の起きあがり方向が対称になり, 上下方向の表示特性の非対象性が平均化され, 実効的に視野角が拡大されることになる。この方式では, 視角特性の非対称性が補償されるとともに視角の反転領域がなくなることによって違和感のない画像が得られる。しかし, 視点を正面から上下にずらすとコントラストが低下してゆくという問題が残されている。

第3の方法は液晶として高分子分散型液晶 (PDLC) を用い, これを2枚の偏光子で挟んだものである<sup>6)</sup>。電圧無印加時には, PDLC の散乱効果によって偏光解消が行われるために明状態が得られ, 電圧印加状態では分子が垂直に配向するために暗状態となる。この方式では, 偏光解消を用いるために TN セルと比べて透過率が  $1/3$  程度に低くなるが, 第1および第2の方法と比較すると構造が簡単で良好な視角特性が得られる点に特徴がある。

第4の方法は配向処理を施さないセルにカイラル剤 (液晶の分子配向にねじれを誘起させる添加剤) を添加したネマティック液晶を導入する方法であり, いったん等方相まで温度をあげた後に室温までさげて配向方向の異なる微小なドメインを多数形成する方法である<sup>7)</sup>。カイラル剤を添加してあるため, 各ドメイン内では分子が  $90^\circ$  ねじれている。これを2枚の偏光子で挟み, 電圧を印加することによって透過率を制御することができる。ドメインによるディスクリネーション (ドメインの境界に発生する分子配向の不連続面) の発生によって高いコントラストを得るのは困難であるが, 第1, 第2の方法

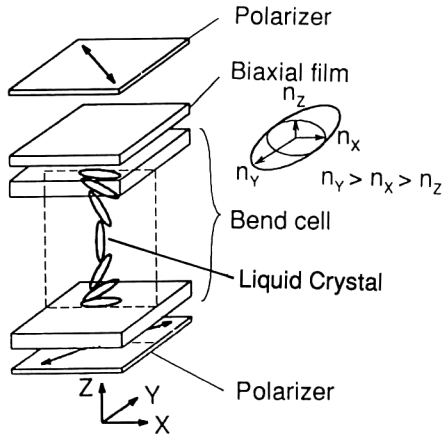


図1 OCBセルの構成

のように、製造プロセスの増加がないこと、ラビングのような配向処理が不要であることなどの特長がある。

第5の方法は筆者ら<sup>8-11)</sup>の提案によるOCBセル(optically compensated bendセル)であり、図1のようなベンド配向のセル( $\pi$ セル)<sup>12)</sup>と二軸性位相差フィルムを直交偏光子の間に挟んだものである。このセルでは印加電圧を変化させても、上下の液晶の配向が常に対称であるために、ベンド配向面内(XZ面内)の視角依存性は対称性を示すとともに、ある程度まで自己光学補償が行われる。さらに、任意の斜め方向からの入射光についても位相差がゼロとなるように、二軸性位相差フィルムの屈折率が調整してある。これによって3次元方向の光学補償が行われることになり、黒レベルの視角依存性をなくし、広い視野角を得ることができる。理論解析の結果によれば、コントラスト20以上の条件で水平方位(XZ方位)ではほぼ180°、垂直方位(XZ方位)では100°以上の視野角が得られる。なお、現状の試作品では材料その他の物理定数が設計値とわずかにずれていることなどの理由で、理想的な特性からやや低下している。しかし、それでも水平方位で100°程度、垂直方位で80°程度の視野角が得られている。この値は、今後材料やデバイスの作製精度、新しい液晶の開発などにより大幅に改善できる見通しである。また、透過率はTNセルと同様である。さらに、光学補償条件の選択によって黒レベルを低電圧側(ノーマリーブラック型)、高電圧側(ノーマリーホワイト型)のいずれに設定すること

もできる。

本方式のもうひとつの特長はスイッチング速度が著しく速いことである。TN方式は、比較的高電圧側では10 ms程度の速い応答を示すが低電圧側では100 ms程度と遅くなる。このために、高速に移動する画像が尾を引いたり消えてしまうような問題、コンピューター画面をスクロールさせると文字が読めなくなる問題などが生じることはよく知られている。これに対してOCBセルでは約1桁速い1~10 msの応答速度が得られ、上述のような問題が全く生じない。

### 3. む す び

以上述べたように、広視野角化のために各種の方式が提案されているが、実用化の点では表示品位はもちろん、製造の容易さ、コスト、安定性、新しい材料の開発などの多くのファクターが影響してくる。したがってどの方式が有力な方式となるかはもう少し時間をかけてみてゆく必要があろう。しかし、いずれにせよLCDの最大の問題のひとつであった視角の問題が解決される方向に向かっていることは確かである。

### 文 献

- 1) K. R. Sarma, H. Franklin, M. Johnson, K. Frost and A. Bernot: *SID Symp. Digest* (1989) p. 148.
- 2) K. R. Samura, R. I. McCarthney, B. Heinze, S. Aoki, Y. Ugai, T. Sunata and T. Inada: *SID Symp. Digest* (1991) p. 555.
- 3) K. H. Yang: *Conf. Record of Int. Display Res. Conf.* (1991) p. 68.
- 4) Y. Koike, T. Kamada, K. Okamoto, M. Ohashi, I. Tomita and M. Okabe: *SID Symp. Digest* (1992) p. 798.
- 5) K. Takatori, K. Sumiyoshi, Y. Hirai and S. Kaneko: *Proc. Japan Display* (1992) p. 591.
- 6) H. Yoshida, M. Ohashi, I. Tomita and M. Okabe: *Proc. Japan Display* (1992) p. 631.
- 7) Y. Toko, T. Sugiyama, K. Katoh, Y. Iimura and S. Kobayashi: *SID Symp. Digest* (1993) p. 622.
- 8) Y. Yamaguchi, T. Miyashita and T. Uchida: *SID Symp. Digest* (1993) p. 277.
- 9) T. Miyashita, P. Vetter, M. Suzuki, Y. Yamaguchi and T. Uchida: *Proc. Eurodisplay* (1993) p. 149.
- 10) C.-L. Kuo, T. Miyashita, M. Suzuki and T. Uchida: *SID Symp. Digest* (1994) p. 927.
- 11) T. Miyashita, C.-L. Kuo, M. Suzuki and T. Uchida: *SID Symp. Digest* (1995) p. 797.
- 12) P. J. Bos, P. A. Johnson, Jr. and K. R. Koehler/Beran: *SID Symp. Digest* (1983) p. 30.

(1995年7月4日受理)