

高画質 OCB 液晶技術

High Imaging Quality Based on Optically Compensated Bend Mode Liquid Crystal Technology

瀧本 昭雄

■ TAKIMOTO Akio

分元 博文

■ WAKEMOTO Hiroyuki

中尾 健次

■ NAKAO Kenji

東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)は、液晶ディスプレイの課題であった動画表示のぼやけ感を大幅に改善し、切れ味の良い動画品質を持つ高速応答OCB(Optically Compensated Bend)液晶技術を世界に先駆けて量産化することに成功した。今回、このOCB液晶技術に低温ポリシリコン薄膜トランジスタ(TFT)技術を融合させて、32型液晶パネル(1,366×768画素)を量産化する。この32型のOCB液晶パネルは、黒挿入駆動方式とブリンクングバックライト方式の開発導入により画質性能は更に進化しており、プラズマディスプレイパネル(PDP)と同等でブラウン管(CRT)に迫る応答特性と、輝度600cd/m²及びコントラスト600:1の光学性能を併せ持っている。

Toshiba Matsushita Display Technology Co., Ltd. was the first company in the world to succeed in the mass production of optically compensated bend (OCB) mode liquid crystal display (LCD) panels, which have excellent moving picture quality almost equivalent to that of a cathode ray tube (CRT). We have newly developed a 32-inch-diagonal LCD panel (1,366 × 768 pixels) using OCB mode and low-temperature polycrystalline silicon thin-film transistor (LTPS-TFT) array substrates. High performance, with a brightness of 600 cd/m² and a contrast ratio of 600:1, was obtained by using the pseudo-impulse driving method to insert a black period between two continuous frames, and also by using the blinking backlight method.

1 まえがき

近年、液晶とプラズマを中心に薄型ディスプレイが家庭用フラットテレビとして急速に広まった。薄型ディスプレイは、これまでのスタンダードであったCRTとの比較において、多くの画質課題を指摘されてきた。なかでも、液晶ディスプレイは応答性能が劣り、動画表示における映像のぼやけ感として認識されることが問題である。ぼやけ感は大画面になるほど認識しやすく、CRTとの違いが著しい。

このたび、東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)はほかの液晶パネルメーカーとは異なる独自の差異化技術を結集することで、液晶パネルとして業界最高レベルの動画特性を実現し、32型液晶パネルを量産化する⁽¹⁾(図1)。

ここでは世界初の量産化技術となるOCB(Optically Compensated Bend)液晶技術を中心に、今回の32型液晶パネルに適用した低温ポリシリコン技術、及び動画性能を向上する液晶駆動方式とバックライト制御方式について述べる。

2 OCB液晶技術

OCB液晶は1993年に原理提唱され⁽²⁾、2004年10月に当社が世界に先駆けて量産化に至った新液晶である。OCB液晶技術を従来方式のTN(Twisted Nematic)液晶と比較すると、ガラス基板の間にある液晶分子が、弓なり状態に配向



図1. 32型のOCB液晶パネル—高速OCB液晶と低温ポリシリコンTFTを融合した32型液晶パネル(1,366×768画素)である。

32-inch-diagonal OCB-LCD panel (1,366 × 768 pixels)

(ベンド配向)する点が第一の特徴となる(図2)。このベンド配向した液晶分子に電圧を印加すると、“弓のしなり”度合いが変化し、液晶層を挟んで2枚の偏光板間を通過する光量が調整されて映像の白と黒を作る。ベンド配向では弓のしなりに似た液晶分子の動きが配向変化の加速効果を生み出し、従来に比べて格段に速く応答できる(図3)。応答時間4.5 ms(室温)は、1フィールドの画面切替え期間16.7 msに比べ十分に速く、ほかの液晶に比べても6倍以上の高速である。

ベンド配向は上下対称構造になっており、画面を見る角度による液晶層の屈折量変化を自己補償し、表示の視野角依存性を低減することができる。このようなベンド配向が本来

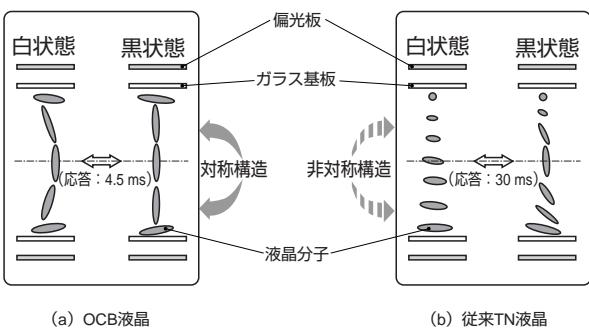


図2. OCB液晶—OCB液晶は液晶分子が弓なりにペンド配向する。
OCB mode liquid crystal

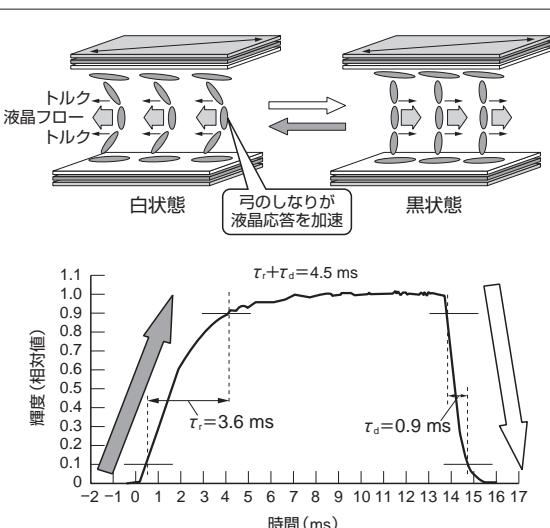


図3. OCB液晶の応答速度—OCB液晶分子の弓なりの動きが応答を加速する。

Response time characteristic of OCB LCD

持っている視野角特性を引き出し、均一で高画質な視野角特性を得るために鍵を握るのは新光学補償フィルムである。補償フィルムについては、フィルムメーカーとの共同開発によって量産に成功した。これによって、どの方向から見ても色変化が少なく、高コントラストな広視野角特性を実現できた。

従来液晶ディスプレイで短所とされてきた応答特性と視野角特性を大きく改善向上できるのが、OCB液晶の特長である。

OCB液晶の量産化において最大課題の一つは、ペンド配向技術の確立にあった。通常、ペンド配向は安定な状態ではなく、電圧無印加の初期状態ではスプレイ配向と呼ばれる別の配向状態にあり、これをペンド配向に転移させなくてはならない。つまり、電源投入時に短時間で確実なペンド配向転移を保障することが必須である。その実現のために、①全画素に特殊な転移核を配置し、②電源投入直後に一度だけ特殊な転移駆動波形を印加する手法を確立した。

3 低温ポリシリコン技術

液晶パネルの各画素には、液晶配向を制御するためのTFTがガラス基板上に形成される。当社はスイッチング特性(移動度)が従来のアモルファスシリコンTFTの100倍となる低温ポリシリコンTFTの差異化技術を持つ。今回、この液晶では世界最大サイズである32型液晶パネルを開発した。

32型液晶パネルのアレイ基板の回路構成を図4に示す。高速充電特性を持つ低温ポリシリコンTFTを各画素に配置している。更に高性能TFTの利点を生かし、表示画面の縦の周辺駆動回路(ゲートドライバ)にシストレジスタと後述する黒挿入駆動回路を設ける。横には、外部に接続するソースICから出力される映像信号を2ライン信号に割り振るラインセレクタを組み込んだ。したがって、ゲートICを不要とし、ソースICを半減する構成である。

液晶セルの断面構成を図5に示す。各画素はカラーフィルタがTFTの上部に連続形成されるCOA(Color filter On Array)構成で、各層の合わせ精度の向上により高開口率(70%)を実現、更に液晶厚みを均一に保つスペーサもCOA上に連続形成し、厚み精度を確保できる構造になっている。

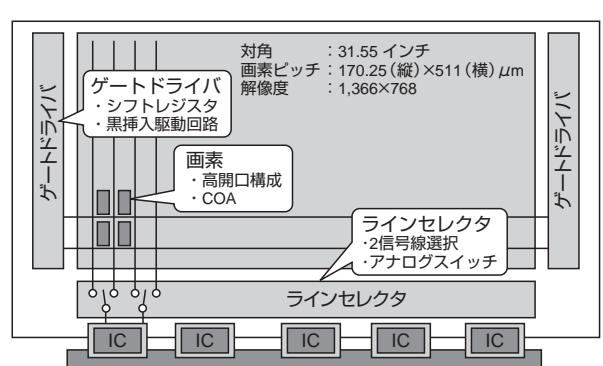


図4. 32型低温ポリシリコンアレイ基板の回路構成—高性能な低温ポリシリコンTFTの搭載により、各画素の高速充電とガラス基板上への周辺回路(ゲートドライバ、ラインセレクタ)の内蔵を実現している。

Circuit diagram of 32-inch-diagonal LTPS array substrate

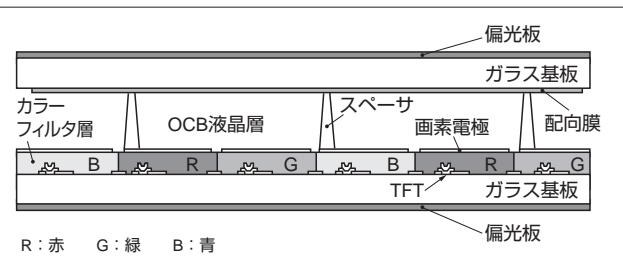


図5. 32型のOCB液晶セルの断面構造—アレイ基板TFT上にカラーフィルタを連続形成し、スペーサで液晶膜厚を制御する。

Cross-sectional view of 32-inch-diagonal panel structure

4 動画性能向上技術

液晶ディスプレイがCRTによりも劣るとされる表示性能は動画視認性である。液晶ディスプレイの動画ぼやけは、①液晶自身の応答速度が遅いこと、②TFT液晶表示方式そのもの、に起因する。最近は液晶材料の改善やオーバードライブ駆動方式の導入により、①の課題はかなり改善されてきており、②による問題がより大きい。図6に示すように、CRT表示方式は各画素が短時間だけ発光するインパルス表示である。一方、従来の液晶表示方式は、各画素がフレーム期間中(16.7 ms)透過光を出し続けるホールド表示である。ホールド表示の動画像を見ると、輪郭にはぼやけ感が生じる。これは動画を見る場合、人間の目は画像の移動を追いかけるのに対し、ホールド表示では画像が一定期間(フィールド期間)同じ場所にとどまるため、表示画像の遅れが生じるからである。したがって、ホールド表示である以上、液晶自体の応答が速くても大幅な動画視認性の改善はない。

液晶ディスプレイにおいてインパルス表示に近い擬似インパルス表示が実現できること、動画性能は大幅に改善される。当社は高速応答特性を持つOCB液晶を用いて、黒挿入駆動方式とプリンキングバックライト方式を新たに導入することで擬似インパルス表示を実現した。これによりCRTにも見劣りせず、プラズマディスプレイ(PDP)以上の動画性能が得られ、映像に“切れ”と奥行き感がある画期的な進歩を実現した。

4.1 黒挿入駆動方式

擬似インパルス表示を実現するために、フレームごとに映像表示期間と黒表示期間を設ける黒挿入駆動方式を開発した。黒表示期間が長くなるほどCRTのインパルス表示に近づいてくる。各フレーム期間で黒表示期間の占める割合を黒挿入率として、ぼやけ感の主観評価を実施した。黒挿入

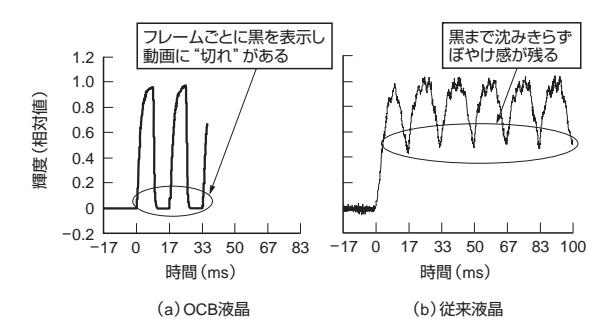


図7. 黒挿入駆動での液晶応答—OCB液晶の高速応答は1フレーム期間で映像信号表示と黒信号表示が可能である。

Optical response of OCB panel using black insertion driving method

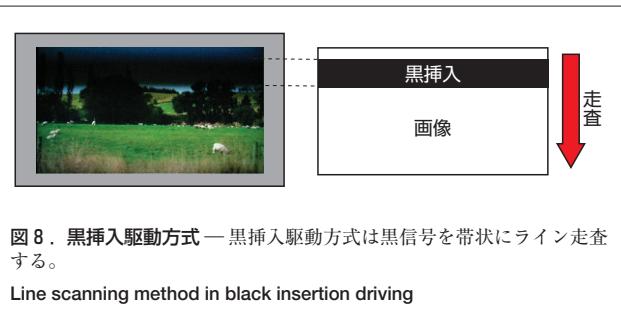


図8. 黒挿入駆動方式—黒挿入駆動方式は黒信号を帯状にライン走査する。

Line scanning method in black insertion driving

率25%以上でCRTに迫る画質となり、50%で同等と認識される。黒挿入駆動時の具体的な液晶応答波形を図7に示す。OCB液晶は5ms以下の応答時間であるため、フレームごとに黒をきちんと挿入することが可能である。一方、従来液晶では黒表示の信号入力に対して液晶応答が追いつかず、擬似インパルス表示が実現できない。擬似インパルス表示は高速OCB液晶を用いて初めて実現可能な表示方式である。

OCB液晶パネルでは全画面を一斉に黒表示せずに、ラインごとに黒表示しながら走査する(図8)。液晶表示画面では黒挿入部分が帯状に画面の上から下へと毎秒60回走るように信号走査されている。

4.2 プリンキングバックライト方式

黒挿入率を十分に大きくとることで、CRTに見劣りしない動画性能が得られる。しかし、液晶パネルはバックライトを

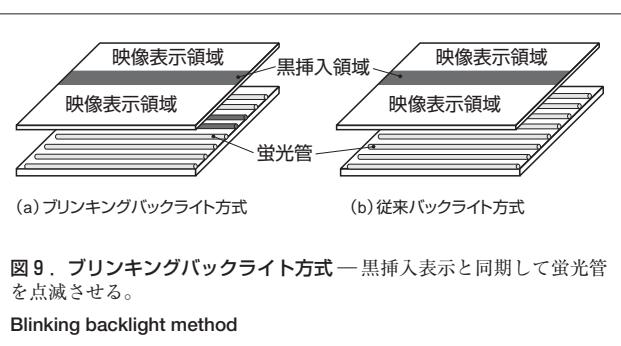


図9. プリンキングバックライト方式—黒挿入表示と同期して蛍光管を点滅させる。

Blinking backlight method

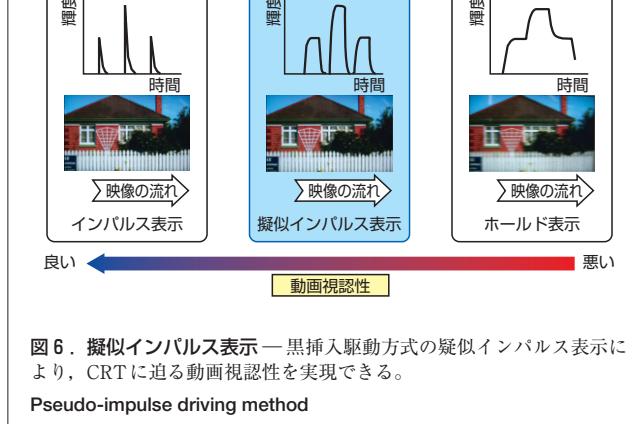


図6. 擬似インパルス表示—黒挿入駆動方式の擬似インパルス表示により、CRTに迫る動画視認性を実現できる。

Pseudo-impulse driving method

光源としているために、黒表示期間が長くなると反比例して輝度が低下し、コントラスト低下も招く。この課題を大きく改善するプリンキングバックライト方式⁽³⁾の概念を図9に示す。液晶パネルの下面に蛍光管を並べた直下型バックライト構成では、従来は蛍光管が常時点灯したままであった。液晶パネルは上から下に向かって帯状の黒表示領域が走査されるが、この黒表示部分のバックライト光がむだとなる。新たに導入したプリンキングバックライト方式は、蛍光管の輝度を増すとともに、帯状の黒表示領域の下面に位置する蛍光管は、この動きに同期して消すようになる。したがって、映像表示部分だけを点灯し、黒表示部分は消灯することで、光ロスを最小限に抑えることができる。この新方式の導入で、動画表示性能と輝度及びコントラストとの両立ができた。

5 32型のOCB液晶パネル

量産を開始した32型液晶パネルの性能仕様を表1に示す。対角32インチワイド画面、画素数1,366×768、輝度600 cd/m²、コントラスト比(CR)600:1を実現している。表示色に10ビット信号を採用した。動画性能を定量表示する指標としてはMPRT(Moving Picture Response Time)が標準的に用いられ始めている。MPRT値が小さいほどぼやけ感の少ない表示であることを示す。OCB液晶は8.4 msとほかの液晶の約16 msの1/2である。OCB液晶パネルで応答性能をより重視した場合、MPRT値6.5 ms(輝度500 cd/m²、コントラスト比500:1)を実現している。これはPDPの値(約8 ms)を超えてCRTの値(約5 ms)に迫る動画性能であり、現時点の液晶ディスプレイとして最高の動画表示性能である。

OCB液晶パネルの視野角特性を色標準となるマクベスチャートにより評価したところ、上下左右斜めの8方向に45°傾けても、正面に対する色変化($\Delta Cu'v'$)が0.02以下と非常に小さく(図10)、色あせることなく、鮮やかな色彩感を保つことができる。

表1. 32型のOCB液晶パネル仕様
Specifications of 32-inch-diagonal OCB-LCD panel

項目	仕様	
対角サイズ	31.55 インチ	
画素数	1,366 × 768	
輝度	600 cd/m ²	
コントラスト	600 : 1	
色温度	10,000 K	
視野角	(CR>10)	水平: >160° 垂直: >160°
	(CR>50)	水平: >160° 垂直: >160°
	($\Delta Cu'v'<0.02$)	水平: >160° 垂直: >160°
応答 MPRT	8.4 ms	
表示色数	107,374 万色(10ビット)	

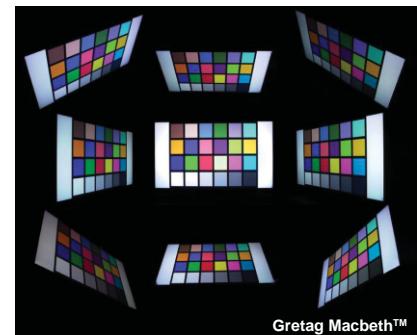


図10. マクベスチャートによる視野角特性—上下左右斜めに傾けても色変化は小さい。

Viewing angle characteristic of color shift using Gretag Macbeth chart

6 あとがき

当社が差異化技術として開発に取り組み、世界初の量産化に成功したOCB液晶技術を中心に述べた。

液晶ディスプレイ市場はノートパソコン、モニタ、携帯モバイル、車載機器、アミューズメント機器、テレビなどと着実に用途拡大を続けている。一方、ディスプレイ業界の競争も激しさを極めている。当社はOCB液晶技術や低温ポリシリコン技術といった差異化技術を結集することで、独自の美しい映像をユーザーに提供し続けたい。

文 献

- (1) A. Takimoto, et al. "Recent progress of LCD-TVs using OCB mode". IDW '04 Digest. p.299 - 302.
- (2) Y. Yamaguchi, et al. "Wide-Viewing-Angle Display Mode for the Active-Matrix LCD Using Bend-Alinement Liquid Crystal Cell". SID Digest '93. p.277 - 280.
- (3) K. Nishiyama, et al. "32" WXGA LCD TV using OCB mode, low Temperature p-Si TFT and blinking backlight Technology". SID Digest '05. p.132 - 135.



瀧本 昭雄 TAKIMOTO Akio

東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)開発センター表示技術開発部長。液晶ディスプレイデバイス開発に従事。
Toshiba Matsushita Display Technology Co.,Ltd.



分元 博文 WAKEMOTO Hirofumi

東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)開発センター表示技術開発部グループ長。液晶表示方式開発と材料開発に従事。
Toshiba Matsushita Display Technology Co.,Ltd.



中尾 健次 NAKAO Kenji

東芝松下ディスプレイテクノロジー(株)開発センター表示技術開発部参事。液晶ディスプレイデバイス開発に従事。
Toshiba Matsushita Display Technology Co.,Ltd.