

最新の広視野角TFT-LCD技術

永野慎吾* 谷口敏郎**
米村浩治*
宮川 修**

Latest Technology for Super-wide-viewing-angle TFT-LCD

Shingo Nagano, Koji Yonemura, Osamu Miyakawa, Toshiro Taniguchi

要 旨

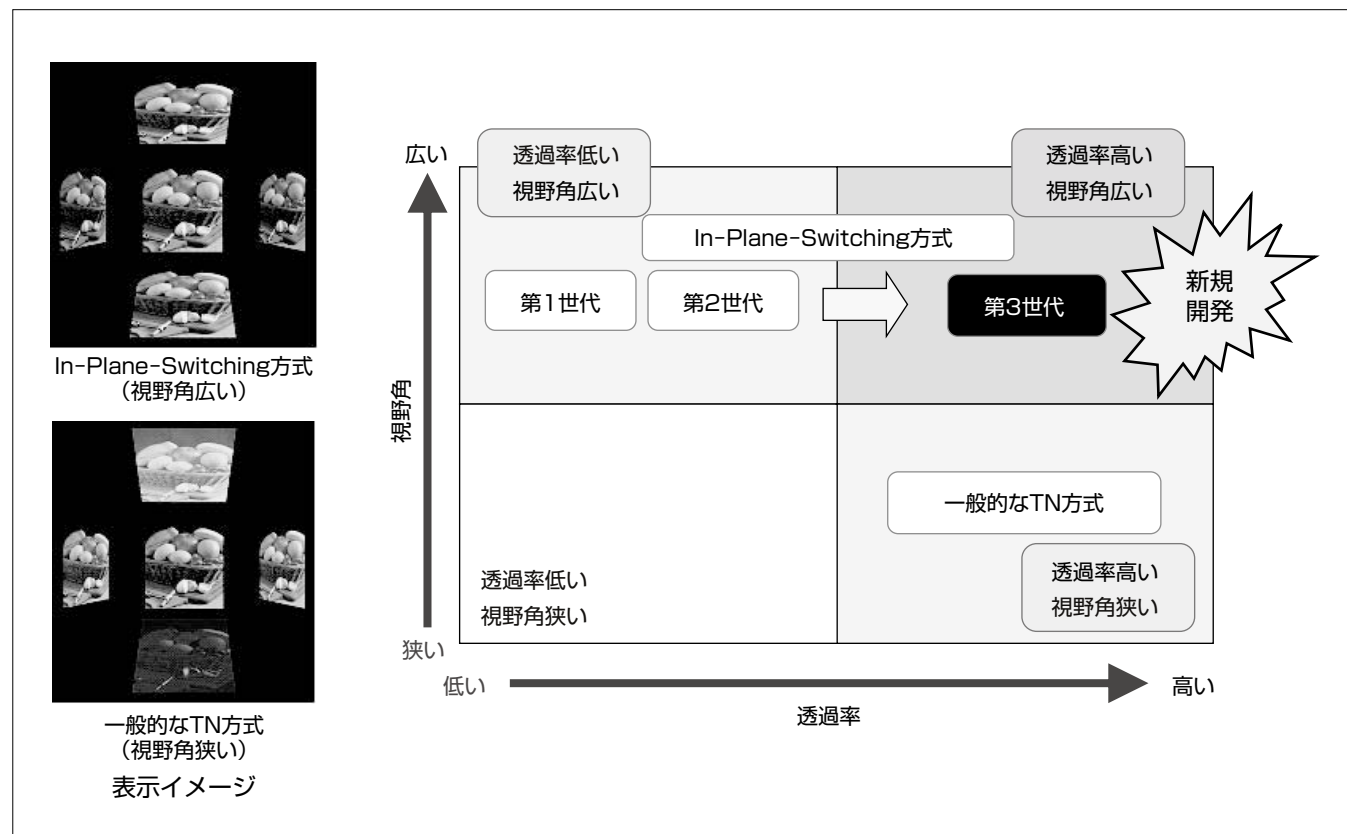
TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) の適用分野は大きく拡大し、携帯端末やTVに代表される一般消費者向け機器、KIOSK端末・ATM等に代表される産業用機器、さらには、カーナビゲーションに代表される車載機器など幅広い分野でも、人と機器のインタフェースの役割を担うようになった。これまでの液晶パネル技術開発によって、TFT-LCDの課題の一つであった視野角の狭さは改善され、広視野角パネルを用いたTFT-LCDの採用が急速に拡大している。三菱電機でも1997年に広視野角パネルの一つであるIn-Plane-Switching方式パネルを適用したTFT-LCDを開発し、継続した製品展開を実施している。

In-Plane-Switching方式パネルは広視野角パネルの中でも特に優れた視野角特性を示し、その表示品位は高く評

価されている。しかしながら、その光透過率が一般的なTN (Twisted Nematic) 方式パネルと比べ低く課題となっていた。

今回我々は、液晶パネル構造を新たに見直すことで、一般的なTN方式パネルと同等の高い透過率とIn-Plane-Switching方式パネルの広視野角の特長を併せ持つIn-Plane-Switching第3世代パネルを開発した。さらに、コントラスト、応答速度に代表される液晶パネルの光学特性向上にも継続的に取り組むことで、In-Plane-Switching方式パネルの元来の長所である表示品位の高さを更に向上させた。

本稿で述べる技術は、高品位な広視野角TFT-LCDをより多く市場に供給し、より多くの顧客のニーズにこたえていくことを可能とするものである。



新開発のIn-Plane-Switching第3世代パネルの位置づけ

当社では広視野角技術としてIn-Plane-Switching方式を採用している。今回、新たな液晶パネル構造を開発することで、透過率と視野角特性のトレードオフを解消し、In-Plane-Switching方式の視野角特性とTN方式の透過率特性の両立を実現した。

1. ま え が き

近年、TFT-LCDの適用分野は大きく拡大し、携帯端末・TVに代表される一般消費者向け機器から、KIOSK端末・ATMなどに代表される産業用機器、さらには、カーナビゲーションに代表される車載機器に至るまで、幅広い分野で人と機器のインタフェースの役割を担うようになった。これまでの液晶パネル技術開発によって、課題の一つであった視野角の狭さは改善され、広視野角パネルを用いたTFT-LCDの採用が市場で急速に拡大している。当社でも、1997年に広視野角パネル技術の一つであるIn-Plane-Switching方式を適用したTFT-LCDを開発し、それ以降、当社TFT-LCDの広視野角技術として製品展開を実施してきた⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

In-Plane-Switching方式は、横電界を用いて液晶を駆動する液晶パネル技術であり、ほかの方式に対して、原理的に視野角特性に優れている。反面、そのパネルの構造上、透過率が低いという課題がある。そのため、製品開発を実施する場合、光源であるバックライトの輝度を高くするなどの設計が必要となり、製品コスト、及び、消費電力を増加させる要因となっていた。これはIn-Plane-Switching方式を製品展開していく上での大きな課題である。

今回、高品位な広視野角TFT-LCDをより多く市場へ供給することを目的とし、TN方式のパネルと同等の高い透過率とIn-Plane-Switching方式の広視野角特性を両立する技術の開発に取り組んだ。加えて、より多くの顧客のニーズにこたえるため、コントラスト、応答速度に代表される基本的な光学特性の向上にも取り組んだ。

本稿では、新たに開発した新規液晶パネル構造の特徴と透過率特性、さらに、コントラスト、応答速度に代表される光学特性向上への取り組みを紹介し、それらの技術を適用した最新の広視野角TFT-LCDの特性について述べる。

2. 新規液晶パネル構造の開発

2.1 透過率向上へのアプローチ

図1にIn-Plane-Switching方式の液晶パネルの断面構造と透過率の関係を示す。断面図の上部が対向基板、下部がTFTアレー基板である。対向基板にはブラックマトリクス(BM)のみを図示している。In-Plane-Switching方式は横方向電界で液晶を駆動するため、その表示はデータ線から寄生的に生じる電界の影響を強く受けることになる。したがって、第1世代ではデータ線の近傍に比較的幅の広いコモン電極を配置し、かつ、データ線、及び、コモン電極上に幅広のBMを配置することで、表示への影響を抑える設計を行っていた。そのため、データ線近傍に大きな非透過領域が発生し、透過率が低い状態であった。そこでデータ線からの電界を効率的に遮蔽(しゃへい)する手段とし

て、データ線の上層にデータ線を覆うようにコモン電極を配置し、コモン電極を遮蔽電極として活用するCO(Common-electrode Overlay)構造を提案し⁽²⁾、大幅にBM幅を狭くすることに成功した(第2世代)。しかしながらその透過率はTN方式の約70%程度と、依然低いものであった。主な理由は、電極上の液晶が動きにくく電極部の透過率が低いことにある。電極部の透過率を向上させる技術としては、従来のIn-Plane-Switching方式の電極構造を見直したFFS(Fringe Field Switching)構造⁽⁵⁾が提案されている(図1(c))。FFS構造は、コモン電極を面状とし、その上に絶縁膜を介して櫛歯(くしば)状又はスリット形状の画素電極を配置して、液晶を駆動するものである。コモン電極と画素電極の距離が非常に近いため、液晶を駆動する電界強度が強く、電極部の液晶が全体的に駆動され電極部の透過率が向上する。しかしながら、データ線上には比較的幅の広いBMが必要であり、パネルの透過率は第2世代と同等レベルとなっていた。

今回の開発の目標はTN方式と同等の高い透過率の実現にある。そこで、図1(d)に示すように、CO構造適用によ

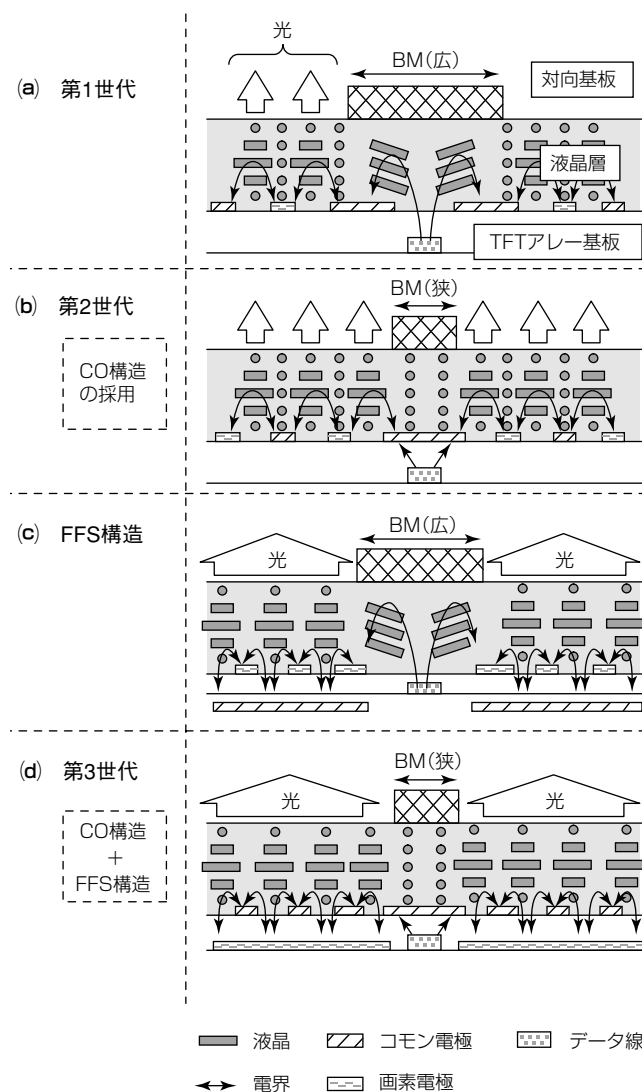


図1. In-Plane-Switching方式の液晶パネルの断面構造と透過率の関係

◇一般論文◇

るBM幅縮小(開口率向上)とFFS構造の採用による電極部透過率向上とを組み合わせることを考え、新規パネル構造開発を実施した(第3世代)。

2.2 TFTアレー構造開発による透過率向上

第3世代の液晶パネルを実現するために新たなTFTアレー構造の開発を行った。一般的なFFS構造はコモン電極をゲート電極と同層の最下層に、画素電極をTFTアレー基板の最上層に配置する構造である。したがってデータ線からの電界をコモン電極を用いて有効に遮蔽するCO構造を採用することができなかった(図1(c))。

図2に今回開発したTFTアレーの断面構造を示す。SD(Source-Drain)層と同層に画素電極を配置し、かつ、コモン電極をTFTアレー基板の最上層に配置することで、従来のFFS構造に対して新たな工程を追加することなく、CO構造とFFS構造を両立させた。

図3に新規TFTアレー構造を用いて実際に作製した第3世代パネルの画素部写真(白表示)を示す。この写真に示すパネルの画素ピッチは141 μm である。ここで、R、G、B各色を分離している黒い部分が図1で示したデータ線上のBMとなる。第3世代パネルのBM幅は同じCO構造を採用する第2世代パネルと同等かそれ以下の幅となっている。さらに、第3世代パネルではFFS構造の採用によって電極部の暗線が薄くなっていることが確認できる。

図4には第3世代パネルの透過率と画素ピッチの関係(計算)を示す。画素ピッチが220 μm まではTN方式よりも透過率が高く、それ以降もほぼTN方式並みの値を示す結果を得ることができた。

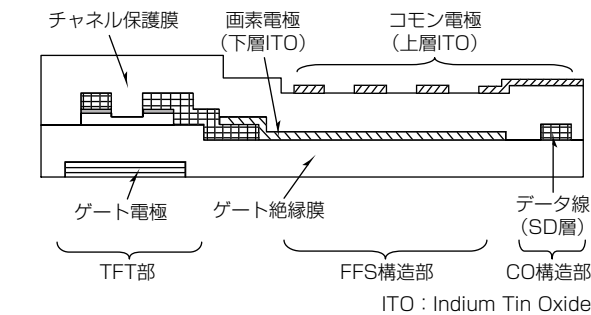


図2. 新規開発TFTアレーの断面構造

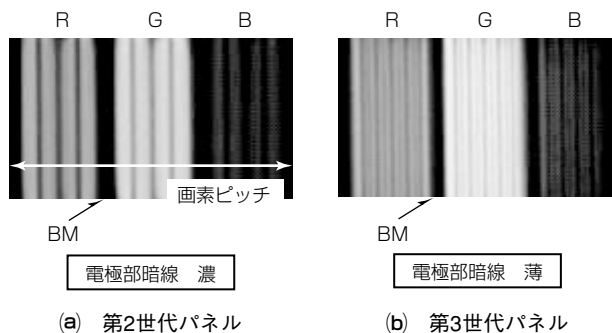


図3. 白表示状態の画素部

3. 光学特性向上に向けた開発

3.1 コントラスト比及び視野角特性向上

一般的に視野角特性はコントラスト比がある一定の値以上を示す範囲で定義される。In-Plane-Switching方式の長所である広視野角特性を更に伸ばすため、まず正面コントラスト比の向上に取り組んだ。コントラスト比の向上には黒表示時の光漏れを低減し、透過率を下げるのが重要である。そこで、黒表示時の光漏れの要因を検証し、その要因であった液晶、カラーフィルタ、偏光板の材料改善、及び遮光設計の最適化を実施し、黒表示時の光漏れ低減に取り組んだ。具体的な例を挙げると、液晶材料の弾性定数を大きくすることで、液晶層の散乱による光漏れを30%低減させた(図5)。その結果、第3世代パネル開発による白の透過率向上の効果と併せて、正面コントラストを従来比で20%向上させることができ、1,200:1以上を達成するまでに至った。加えて、偏光板の光学設計の見直し、液晶配

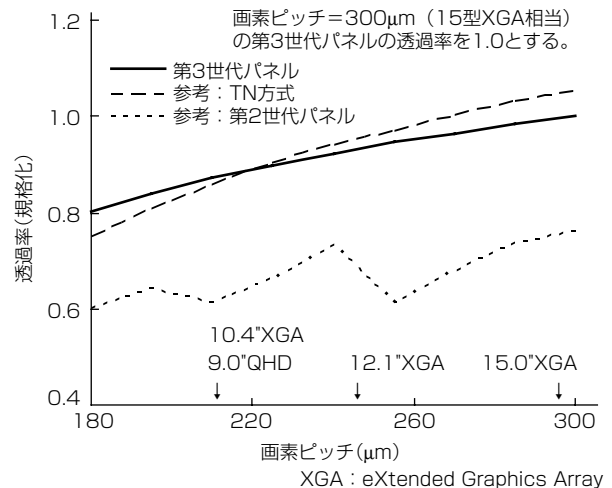


図4. 透過率と画素ピッチの関係

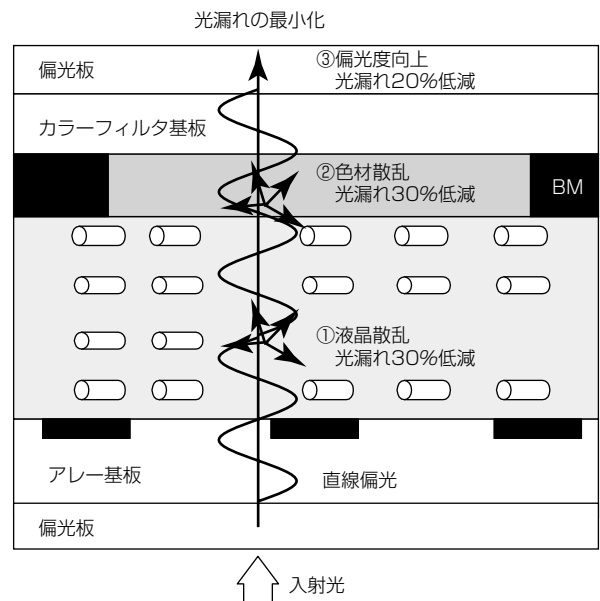


図5. 黒表示における光漏れ要因

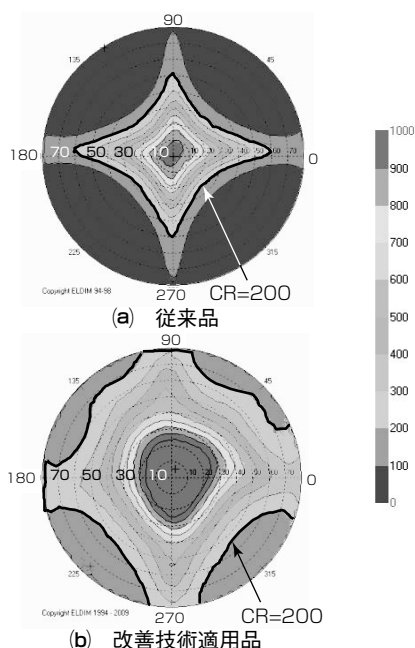


図6. 等コントラスト線図

向の精密制御を実施することで、視野角特性の更なる拡大の可能性も確認した(図6)。

3.2 応答特性の向上

現状のIn-Plane-Switching方式の液晶の応答時間は、液晶材料の開発、駆動電圧の最適化等によって、TVなどでの動画表示においても問題ない性能を達成できている。近年、当社は、産業用途に代表される広範囲な温度条件下で使用される製品に対する特性向上を目的として、低温環境下での応答時間の改善に取り組んできた。図7に最新の液晶を用いた場合の応答時間(白表示⇄黒表示)を示す。-30℃近傍の環境では従来の液晶に対して約2倍の高速化を実現している。

4. 製品への展開

今回開発した技術は当社の最新の製品に対して適用を開始している。一例として表1に9型ワイド液晶モジュールの製品仕様を示す。解像度はHD(High Definition)画像の表示に適したQHD(Quarter High Definition)である。画素ピッチは207μmであり、TN方式と同等の高い透過率を実現している(図4)。この高い透過率を活用した輝度・色再現範囲に対するバランス設計を実施し、見る角度や画像を選ばない鮮やかな表示を実現、放送機器向けのモニタとしての展開を開始している。さらに、耐環境性を考慮した動作保証温度-40～+85℃の技術開発も既に完了しており、産業用途、車載用途へ展開中である。

5. む す び

新しいIn-Plane-Switching方式のTFT-LCDを開発した。電極構成の変更を含めた、新規TFTアレー構造の開発を実施することで、TN方式と同等レベルの高いパネル

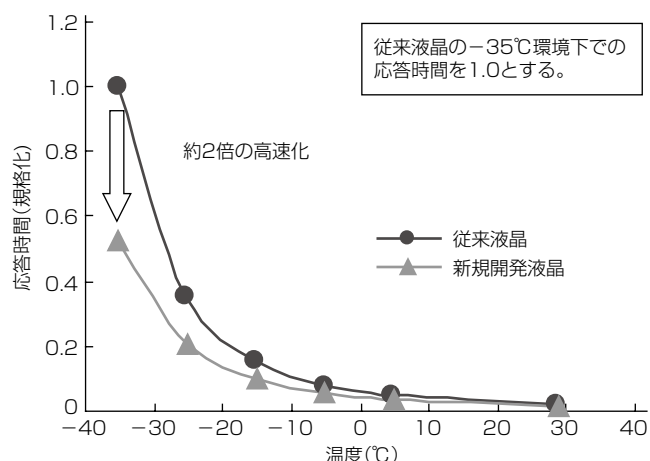


図7. In-Plane-Switching方式パネルの応答時間(白表示⇄黒表示)と環境温度の関係

表1. 第3世代パネルを用いた9型ワイド液晶モジュールの製品仕様

項目	仕様
Display size/Resolution	9.0inch(960×540dots)
Pixel Pitch(μm)	207(H)×207(V)
Contrast Ratio(CR)	1,000:1
Luminance(cd/m ²)	400
Viewing Angle(CR>10)(°)	-85~+85(H), -85~+85(V)
Color Gamut(NTSC)(%)	72.0
Response Time(grey to grey)(ms)	8.0

NTSC: National Television System Committee

透過率を実現した。この技術は、広視野角技術適用による製品コストの増加を抑制し、高品位な液晶モジュールをより多く市場に提供することを可能とするものである。さらにIn-Plane-Switching方式の光学特性の性能向上に対して継続的に取り組む中で、コントラスト、視野角、応答速度に代表される光学特性は業界トップレベルの値を実現するに至った。今後これらの技術を適用した製品を展開していくことで、これまで以上に広い分野の顧客の要求にこたえていくことができる。

参 考 文 献

- (1) Masutani, Y., et al.: Novel TFT-Array Structure for LCD Monitors with In-Plane-Switching Mode, SID 97 DIGEST, 15~18 (1997)
- (2) Kobayashi, K., et al.: IPS mode TFT-LCDs For Aircraft Application, SID 98 DIGEST, 70~73 (1998)
- (3) Masutani, Y., et al.: 15-in. XGA TFT-LCD with High-Aperture TFT Array Structure for Dual-Domain IPS Mode, SID 03 DIGEST, 1204~1207 (2003)
- (4) Nishimura, M., et al.: A 22.2-in. UXGA-Wide TFT-LCD with High Quality Color Performance for Professional Use Monitor Application, SID 04 DIGEST, 122~125 (2004)
- (5) Lee, S.H., et al.: 18.1" Ultra-FFS TFT-LCD with Super Image Quality and Fast Response Time, SID 01 DIGEST, 484~487 (2001)