

技術解説

高透過アドバンスド TFT-LCD 技術

High Transmissive Advanced TFT-LCD Technology

藤 森 孝 一*1

Koichi Fujimori

鳴 瀧 陽 三*2

Yozo Narutaki

木 村 直 史*2

Naofumi Kimura

要 旨

モバイル用液晶ディスプレイとして、屋内外での視認性を向上させた高透過型アドバンスド TFT-LCDを開発した。このLCDは、屋内においては、従来の透過型と同等の明るく高コントラストな表示品位を実現するとともに、屋外特に太陽光下でも視認性に優れた表示が得られることを特長としており、これからのモバイルディスプレイにふさわしい表示デバイスであるといえる。本稿では、この高透過型アドバンスド TFT-LCD のパネル構造や表示性能について解説する。

We have developed a novel TFT-LCD that is named as High transmissive advanced TFT-LCD for mobile use. This LCD has a novel and quite different structure compare to the conventional transmissive LCD. We have achieved the same display quality as the transmissive LCD for indoor use, and at the same time achieved the good visibility under the sun light.

We describe the structure and optical characteristics of this high transmissive advanced TFT-LCD in detail.

まえがき

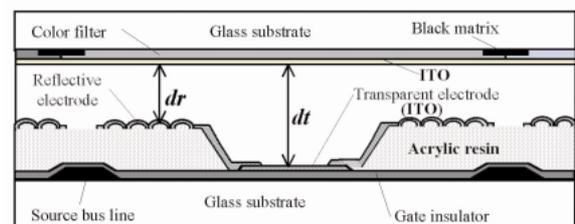
これまで、デジタルカメラやデジタルビデオカメラ用ディスプレイとしては、透過型 TFT-LCD が採用されてきた。しかしながら、透過型 TFT-LCD の場合、明るい太陽光の下での見やすさ（視認性）を実現するためには、少なくとも 350cd/m^2 以上の画面輝度を確保する必要がある、消費電力を増大させる大きな要因となっていた。一方、携帯電話では、主に半透過型 TFT-LCD が採用されている。半透過型 LCD は透過型 LCD の透過部の一部が反射部となり、透過部の面積が減少する。そのため、カラーフィルタは透過型 LCD に比べて 1.5 倍～2 倍明るいものが採用されてきた。その分、表示できる色再現範囲は低下するが、これは携帯電話では画質よりも消費電力が重視されてきたためである。しかしながら、最近の携帯電話はカメラ機能が標準となりつつあり、携帯電話用 LCD にもデジタルカメラ用 LCD と同等の画質や明るさが必要になってきた。我々のグループは、こうした市場の要求に応えるべく透過型と同等の透過率と色再現範囲が実現できる半透過型 LCD を開発し、この LCD を高透過

アドバンスド TFT-LCD (High transmissive advanced TFT-LCD) と名付けた。以下に、そのパネル構造や表示性能について概説する。

1. アドバンスド TFT について

1.1 画素構造とその特長

図 1 に、従来のアドバンスド TFT-LCD^{1) 2)} のパネル断面図を示す。アドバンスド TFT-LCD の構造的の特



Multi gap structure is set to $dr : dt = 1 : 2$.

図 1 従来のアドバンスド TFT-LCD のパネル断面図

Fig. 1 Panel structure of conventional advanced TFT-LCD.

*1 モバイル液晶事業本部 システム液晶第 1 事業部 開発技術部

*2 ディスプレイ技術開発本部 モバイルディスプレイ研究所 第 2 研究部

長には、以下の2つが挙げられる。

- (1) 1つの画素が、透過領域と反射領域に分割されている。
- (2) 透過部の液晶厚は、反射部の液晶厚の約2倍である。

前者の透過領域と反射領域の分割比は、任意に設定でき、透過領域の面積を反射領域より大きくすれば透過重視型の表示特性が得られ、反射領域の面積を透過領域より大きくすれば反射重視型の表示特性が得られる。また、この分割比はそのディスプレイが搭載される商品によって決定されるものであり、例えば、前者は消費電力よりも表示品位に重点を置いた折りたたみタイプ（クラムシェルタイプ）の携帯電話に、後者は低消費電力に重点を置いたストレートタイプの携帯電話にといった具合に使い分けることができる。透過領域と反射領域はそれぞれ、TFT基板側の画素電極内に透過電極と反射電極を形成することで設定できる。透過領域にはバックライト光を透過させる透明なITO電極が形成され、反射領域には観察者側から入射した外光を反射させる高反射率のアルミニウム電極が形成される。またアルミニウム電極表面には、微細な凹凸形状を形成したMRS構造（Micro Reflective Structure）^{3) 4)}が採用されている。これにより、光をある一定の角度範囲に散乱するように設計することが可能となり、効率よく周囲光を利用することで明るい反射特性を得ることができる。

一方、後者について、透過部の液晶厚を反射部の液晶厚に対して約2倍の厚さにすることで、反射部と透過部の液晶層を通過する光の経路を等しくすることができる。これに対して、図2の①のように、透過領域と反射領域の液晶厚を等しくして反射率を最大に設定した場合、原理的には透過率は理論値の約50%になってしまう。一方、図2の②のように、反射部と透過部の液晶層を通過する光の経路を等しくすること

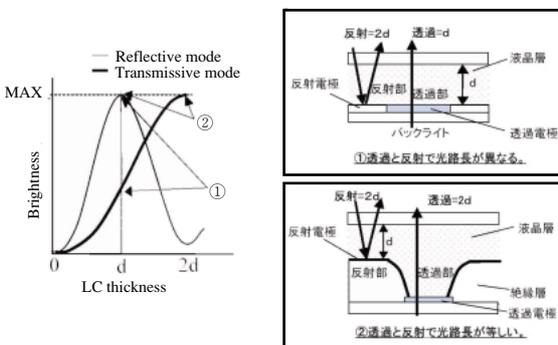


図2 液晶厚と透過率（反射率）の関係
Fig. 2 LC thickness and brightness.

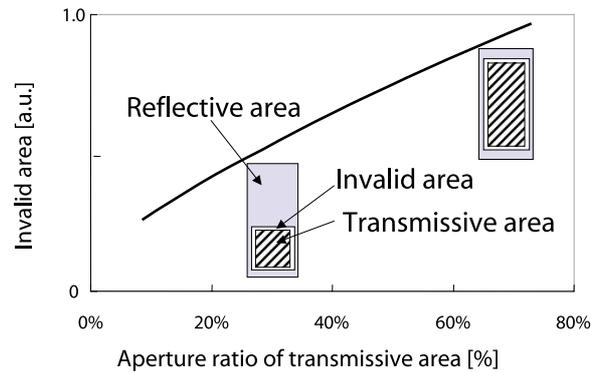


図3 透過開口率と無効領域の面積の関係
Fig. 3 Aperture ratio of transmissive area and invalid area.

で、透過及び反射で光学的ロスのない表示を実現することができる。なお、反射部と透過部の液晶厚差を設けるために、TFT基板側の反射部領域のみに層間絶縁膜を配置して段差を形成している（TFT側マルチギャップ構造）。

しかしながら、本構造では透過領域と反射領域の境界部に相当する層間絶縁膜のエッジ部分は透過、反射のいずれの表示にも寄与しない。この領域を我々は無効領域（Invalid area）と呼んでいる。このエッジ部分のテーパ角度は平均して 45° であるので、この部分で反射する周囲光はパネルから出射する時にガラスと空気の界面で全反射する。また、パネル後方に配置されるバックライト光はこのエッジ部分に配置される反射電極により遮光される。

図3に、対角2型TFT-LCDの透過の開口率と無効領域の関係について示す。この図より、反射領域より透過領域の方がより大きい場合、無効領域が大きくなる。また、この無効領域は、透過領域の面積を拡大していくとそれに比例して大きくなる。結果として、透過領域が反射領域より小さい場合に比べて透過領域と反射領域を合計した実質開口率が低下することになる。

2. 高透過アドバンスTFT-LCDについて

2.1 画素構造とその特長

上記課題は、全反射の原因となる段差をCF基板側に形成することによって解決できる。図4は透過領域の比率が高い場合のLCDの断面図である。この図4より、段差をCF基板側に形成する構造（CF側マルチギャップ構造）により、反射領域と透過領域の境界部に存在していた無効領域を削減することができる。こ

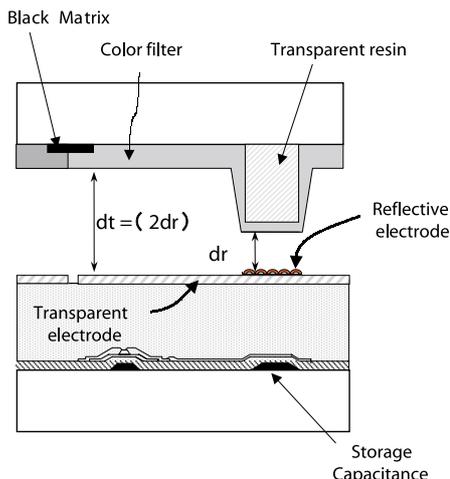


図4 高透過アドバンスド TFT-LCD のパネル断面図
Fig. 4 Panel structure of high transmissive advanced TFT-LCD.

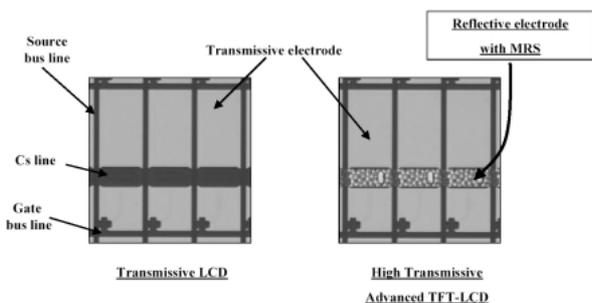


図5 高透過アドバンスド TFT-LCD の画素レイアウト
Fig. 5 Pixel structure of high transmissive advanced TFT-LCD.

のように、透過領域の比率が高く、CF基板側に段差を設けた構造を有するパネルを、我々は高透過アドバンスド TFT-LCD (High transmissive advanced TFT-LCD) と名付けた。

この技術を用いて、従来の全透過型 LCD と透過部の開口率が等しく、且つ液晶セル内に MRS 反射電極構造を有する LCD を開発した。図 5 は、透過型 LCD における TFT 基板側の遮光領域(黒い部分)の一部分、すなわち補助容量電極部 (Cs部) を反射領域とした例である。対向する CF 基板側の Cs 部分に相対する位置には透明樹脂によって、マルチギャップ用の段差が形成されている。このようにして、透過領域を削減することなく、反射領域を形成することによって、屋内においては透過型と同等の明るさと高コントラストな表示品位を得ることができ、また屋外では MRS 構造からなるセル内反射板により明るく視認性に優れた表示を得ることができる。

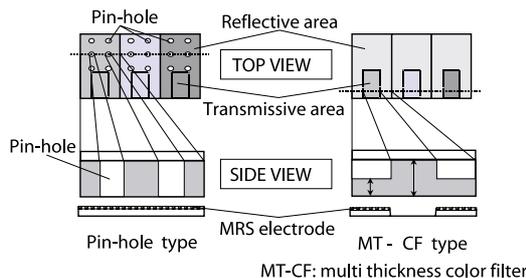


図6 半透過型 LCD のカラーフィルタ構造
Fig. 6 Color filter structures for transfective LCDs.

2・2 Color Filter (CF) 構造

従来の半透過型 LCD において、透過と反射で色再現範囲が異なる課題があった。すなわち、反射用の CF を用いると透過の色再現範囲が低下し、透過用の CF を用いると反射の明るさが低下する。これは透過時には CF を 1 回、反射時には CF を 2 回透過するためであり、半透過型 LCD の表示品位を向上させるためには、反射/透過それぞれで最適な CF を作成することが重要である。

このような CF を安価につくる方法として、図 6 のように 2 つ挙げられる。1 つは「ピンホール方式」であり、反射部の CF はピンホール (着色していない透明部) を複数空けた構造になっている。もう一方は、「CF オーバーコート方式」であり、反射部の CF 膜厚を透過部の CF に比べて薄くした構造である。この 2 つの方法について、CF の Y 値 (明るさ) を変化させた時 (ピンホール方式ではピンホールの割合を多くする。CF オーバーコート方式では膜厚を薄くする)、CF の Y 値が同じであるときの色再現範囲は、CF オーバーコート方式のほうが高くなる。これはピンホール部を光源がそのまま通過するためである。このように、半透過 LCD 用 CF としては、色再現性と高光度性を両立した CF オーバーコート方式が最適であり、我々はこの方式を MT-CF 構造 (Multi Thickness Color Filter) と名付けた。図 4 において、CF 構造は、CF 側に液晶層厚を制御するための段差を設けると同時に MT-CF 構造を実現し、反射時における高光度と高い色再現範囲を得ている⁵⁾。

2・3 表示性能

表 1 に対角 2 型携帯電話向け高透過アドバンスド TFT-LCD の表示性能を示す。また、このとき用いた MT-CF 構造を有するカラーフィルタを写真 1 に示す。このように、屋内においては透過型 LCD と同等の明るさ及び高コントラストを示し、屋外においても高反射、高コントラストの表示を実現し、あらゆる環境において見やすく美しい表示が実現できる。

表1 ディスプレイ仕様
Table 1 Display specification.

| Item | High Transmissive Advanced TFT-LCD | Conventional transmissive LCD |
|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Color filter type | Multi thickness type | Conventional type |
| Transmittance | 12% | 12% |
| Contrast ratio | >200:1 | >200:1 |
| Color gamut (NTSC ratio) | 27% | 27% |
| Reflectance on BL | 2.0% | 0.65% |
| Contrast ratio | 17 | 4 |
| Color gamut (NTSC ratio) | 12% | 7% |

Measure equipment
Transmission: BM5A (TOPCON), Reflection: CM2002 (MINOLTA),
Each panel was placed on LED-backlight.

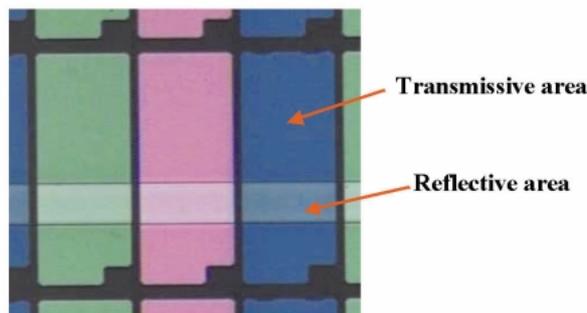
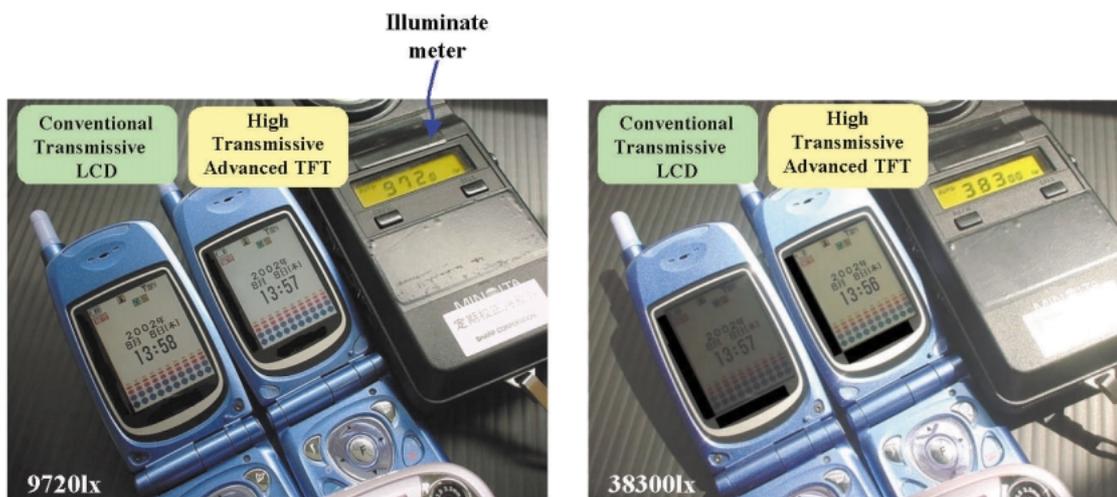


写真1 2型 TFT-LCD の MT-CF 構造
Photo 1 MT-CF of 2-inch TFT-LCD.



Screen Brightness : 200cd/m²

写真2 屋内及び外光下での表示品位
Photo 2 Display image of High transmissive advanced TFT-LCD.

むすび

これまで培ってきたアドバンスド TFT 技術を基礎にして、パネル構造を見直すことによりアドバンスド TFT における透過／反射比率の設計の自由度を向上させることができた。このことは、多様化するユーザーのニーズに幅広く対応できることにつながる。今回開発した高透過アドバンスド TFT-LCD 技術は、最近のモバイル液晶ディスプレイに必要とされる高品位な表示と使用環境を選ばない特長を持ち合わせており、SH-010、SH251iS などの当社携帯電話はもとよりビューカム Z などのデジタルビデオカメラ用 LCD としてすでに採用されており、今後も幅広く採用されていくと思われる。また、HR-TFT 技術や本稿のアドバンスド TFT 技術、3D 液晶技術などの当社独自の液晶技術と CGS 技術からなるシステム化技術の融合により、

モバイル LCD 市場での更なるシェア拡大が期待されている。

謝辞

本開発にあたり、多大なご指導とご協力を頂きましたディスプレイ技術開発本部、モバイル液晶事業本部、モバイル液晶第1事業部、モバイル液晶事業推進センター設計センターの皆様には感謝致します。

参考文献

- 1) Y. Narutaki, et al; Euro Display 99 late-news papers, 121 (1999).
- 2) M. Kubo, et al, Journal of the SID 8/4,299 (2000).
- 3) T. Uchida; AM-LCD95 digest.23 (1995).
- 4) S. Mitsui, et al; SID '92 digest,437 (1992).
- 5) K. Fujimori, et al; SID '02 Digest Tech. Papers 28, 1382 (2002).
(2003年3月5日受理)