

辻 佳子
Y. Tsuji

菅原 淳
A. Sugahara

室岡 三千男
M. Murooka

薄膜トランジスタ型液晶ディスプレイ(以下、TFT-LCDと略記)の高開口率化が可能な、“ITO-Cs シールド”と呼ぶ新たなアレイ構造を開発した。新構造では、信号線と透明画素電極の間に透明電極により基準電位面を設けて、開口部を拡大した。また、この電極は信号線—画素電極の容量結合をシールドするため、信号線電位による画素電位の変動を抑えることができ、信号線—画素電極の電界による液晶分子の配列不良を低減させることができた。

この技術を用いることにより、従来技術では開口部の形成が困難であった画素ピッチ $40\mu\text{m}^2$ で開口率 40% を実現した。この技術は、狭ピッチ高精細 TFT-LCD の低消費電力化の実現に有効である。

We have developed a thin-film transistor liquid-crystal display (TFT-LCD) with a new pixel structure called the “ITO (indium tin oxide) -Cs shield structure,” which enhances the aperture ratio. The new structure has a transparent electrode between the signal line and the pixel electrode, which shields the capacitive coupling between the signal line and the pixel electrode and reduces the liquid crystal disclination lines caused by the transverse electric field between them.

By applying this structure to a $40\mu\text{m}$ square pixel, a high aperture ratio of 40% has been achieved which is impossible using the conventional structure. This structure is an efficient means of minimizing the power consumption of high-resolution TFT-LCDs.

1 まえがき

TFT-LCD は、小型・軽量、低消費電力で CRT と同等の画質が得られるフラットパネルディスプレイとして、現在カラーノートブックパソコンをはじめ、幅広く使われてきているが、近年、応用の広がりによりさらに高性能なディスプレイの実現が望まれている。また、1997 年にはハイビジョン (HDTV) の本放送への移行が計画され、これに対応する高画質民生用ディスプレイとして、液晶プロジェクタが有望視されている。プロジェクション用の小型・高精細 LCD パネルは主にポリシリコン (p-Si) TFT を用いて開発されており、画素ピッチ $40\mu\text{m}$ 程度で開口率 30% が実現されている⁽¹⁾。しかし、p-Si TFT-LCD は LSI プロセスを基準としているためプロセス温度が高く、大型化の難しい石英ガラス基板を用いねばならず、生産性の面で難点がある。

一方、アモルファスシリコン (a-Si) TFT-LCD はプロセス温度が低く、 $300\times 300\text{mm}^2$ 以上の大型ガラス基板を用いて製造することができるため、低コスト化が可能である。しかし、基板の大型化に伴い加工精度に制限があり、配線幅を細くできない。このため、表示領域として使用できる開口部

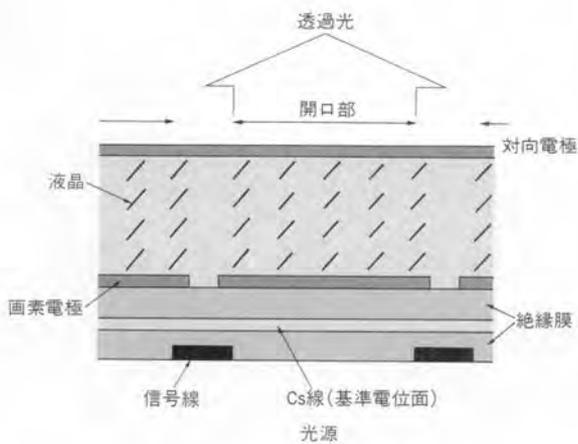
が制限されてしまい、画素ピッチ $65\mu\text{m}$ 程度ですら開口率 35% の実現が限界であった⁽²⁾。a-Si TFT がもつ p-Si TFT に比べ生産性がよく製造コストも安いというメリットを生かすため、a-Si TFT-LCD の設計ルールを変更することなく開口率を向上できる“ITO-Cs シールド構造”と呼ぶ新構造を開発した(図 1)^{(3), (4)}。

この構造では、信号線と透明画素電極の間に ITO (indium tin oxide) による基準電位面を設け、信号線と画素電極のシールドを行うとともに、信号線をブラックマトリックスとしても使用可能として、開口率の向上を図った。

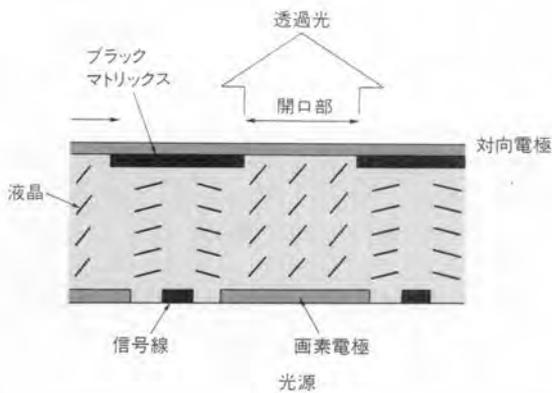
2 ITO-Cs シールド構造の特長

従来用いられている a-Si TFT-LCD の構造の模式図を、図 1(b) に示す。この構造で開口率を向上させるために信号線と画素電極の距離を近づけると、以下のような問題が生ずる。

- (1) 信号線—画素電極間の結合容量が増大するため、信号線電位による画素電位の変動が生じ、画質を劣化させるクロストークが生ずる。



(a) 新アレイ構造



(b) 従来アレイ構造

図1. 新構造と従来構造の開口部の比較 新構造では透明電極で基準電位面を設けることにより開口部を拡大できた。

Comparison of aperture areas of new and conventional pixel structures

(2) 信号線—画素電極間の電界により液晶分子の配列不良が発生する。この配列不連続部で光が散乱し、ディスクリネーションラインと呼ぶ輝線が生じ、画質が劣化する。

このため、信号線と画素電極の間隔を $5\mu\text{m}$ 以上とり、対向基板に設けたブラックマトリックスで両者のすき間を遮へいしなくてはならない。さらに、ブラックマトリックスは対向基板とアレイ基板の合せ精度を考慮すると、画素電極と $5\mu\text{m}$ 以上重ね合わせる必要があり、開口部は大きく制限されてしまう。

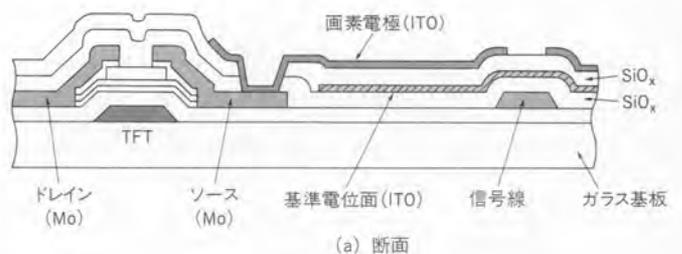
それに対し、“ITO-Cs シールド構造”では、図1(a)の模式図に示したように、信号線と画素電極の間に透明電極ITOによるCs線(基準電位面)を独立に設け開口部を増大させた。画素電位を安定させるために設けるCs線は、従来は金属配線で形成していたが、新構造では透明電極で形成することで開口部として用いることができる。また、このCs線は基準電位面として働き、信号線—画素電極間の容量結合をシールドする効果があり、信号線電位による画素電位の変動

を抑え、クロストークが低減できる。さらに、信号線—画素電極の横方向電界の影響も除去できるため、液晶分子の配列不良が発生せず、ディスクリネーションライン不良を低減させることができる。すなわち、開口部は配線幅で制限されるだけである。新構造では、ブラックマトリックスと兼用のこの配線は、マスクの合せ精度を考慮した分だけ画素電極と重ね合わせればよく、従来構造では表示領域として利用できなかった領域を開口部として利用できる。また、対向基板はTFT部だけ光を遮へいすればよく、さらに、開口部を増大させることができる。

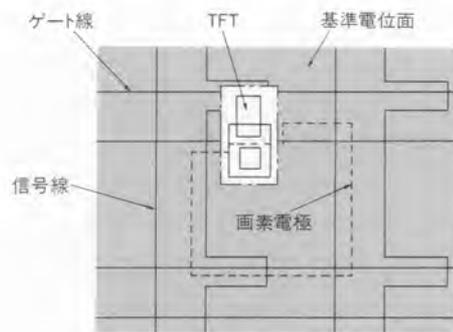
3 TFT 構造およびアレイプロセス

図2(a)に、“ITO-Cs シールド構造”の断面模式図を示し、図2(b)に平面模式図を示す。TFT構造はセルフアライン構造を採用し⁽⁵⁾、エッチングストップ絶縁膜は裏面露光技術を用いてゲート電極に自己整合して形成した。この構造では信号線材料にモリブデン(Mo)を採用した。Moをスパッタで成膜しソース・ドレイン電極を形成した後、 SiO_x 絶縁膜をプラズマCVD(化学気相成長)で成膜、さらに、ITOをスパッタで成膜して基準電位面を形成した。再び SiO_x をプラズマCVDで成膜し、コンタクトホール形成後ITOをスパッタで成膜し、画素電極を形成しソース電極とコンタクトをとる。

表1に、今回試作したTFTアレイの仕様を示す。従来構造と比較して“ITO-Cs シールド構造”は、信号線より上層



(a) 断面



(b) 平面

図2. “ITO-Cs シールド構造”の模式図 新構造ではTFT形成後、基準電位面ITOと画素電極ITOを形成する。

Schematic view of “ITO-Cs shield” a-Si TFT array pixel

表1. 今回試作した TFT-LCD の仕様
Specifications of TFT array

| | |
|---------|---------------|
| 画素数 | 480(H)×480(V) |
| 画素サイズ | 40×40 μm |
| 表示サイズ | 1.07 インチ |
| 開口率 | 40% |
| TFT サイズ | W/L = 6/9 μm |

に透明電極 ITO が 2 層 (基準電位面および画素電極) 存在し、基準電位面はゲート線および信号線と重なりをもってしまう。このため、欠陥低減の観点から信号線と基準電位面間の層間絶縁性が必要であり、絶縁膜の良好なステップカバレッジが求められる。このため新たに Mo 信号線のテーパエッチングプロセスを開発した。

テーパエッチングは、パターンエッジでの Mo 膜とレジストとの密着性をコントロールすることで実現できる。パターンエッジではレジストの密着性が低いため、Mo 表面での横方向のエッチングが促進され、テーパエッチングが施される。HNO₃+H₃PO₄+CH₃COOH 混合溶液の組成比を変化させてレジストの密着性コントロールを検討した結果、HNO₃:H₃PO₄:CH₃COOH=1:2:8 のエッチング液を用いると、テーパ角 30deg で Mo がエッチングできることがわかった。図 3 に Mo 電極のテーパ形状の断面 SEM 写真を示す。このプロセスを開発することで、信号線と基準電位面の層間ショートを減少させることができた。

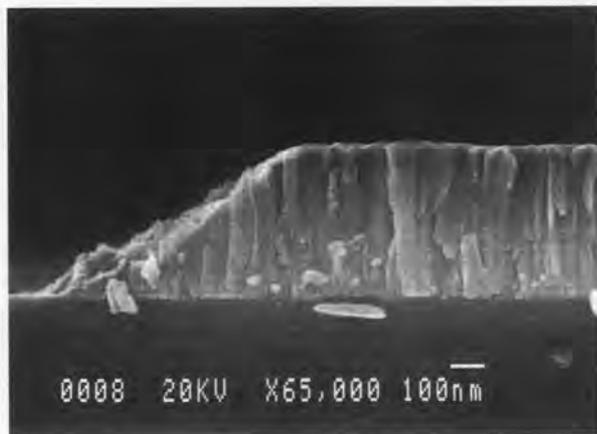


図 3. 新エッチング液でエッチングした Mo 電極の SEM 断面写真
今回開発した HNO₃:H₃PO₄:CH₃COOH=1:2:8 エッチング液で Mo をエッチングするとテーパエッチングが可能であった。
SEM picture of Mo electrode etched by new etchant

4 試作検証

“ITO-Cs シールド構造”，対角 1.07 インチ，480×480 画素 TFT-LCD の試作を行った。画素数は HDTV の約 1/8

に相当する。液晶セルの作製方法は、通常のプロセスと同様である。基準電位面の効果の確認は、この 1.07 インチの TFT-LCD で絵出し検証した。

4.1 表示特性

今回試作した 1.07 インチ TFT-LCD を、光学系に組み込んで、スクリーン上に 20 インチに拡大して投射した。表示画像は非常に明るく、新構造による高開口率化の効果が十分得られた。

4.2 基準電位面の効果

今回新たに設けた基準電位面の効果について述べる。

4.2.1 信号線—画素電極容量結合 従来構造では、フレーム反転駆動時に図 4 に示すようなクロストーク不良による画質劣化が発生するが、“ITO-Cs シールド構造”ではまったく発生しなかった。つまり、画素電位の信号線電位による変動は減少したと考えられ、十分な効果が得られた。

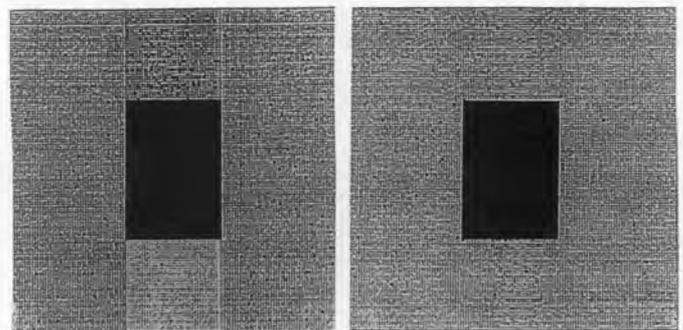


図 4. 新構造と従来構造のクロストークによる画質劣化の比較 新構造ではシールド電極を設けることにより、信号線—画素電極結合容量がなくなりクロストーク不良が発生しなかった。

Comparison of crosstalk between new pixel structure and conventional one

4.2.2 信号線—画素電極間電界 従来構造では、信号線—画素電極間の電界による液晶分子の配列不良が発生し、配列の不連続部で光が散乱して輝線となり、画質を劣化させるディスクリネーションラインと呼ばれる不良が相当発生するが、“ITO-Cs シールド構造”ではこれが大幅に減少した。ディスクリネーションラインの発生は、駆動条件および基準電位面の電位依存性があり、ここでは、不良が顕著に現れる信号線反転駆動での評価結果を示す。信号線電位は 2=12V パルスとし、対向電極電位は 7.5V とした。図 5 に信号線反転駆動波形とそのときの画素電極電位およびディスクリネーションラインの発生の様子を示す。

従来構造では、画素電極—隣接する信号線間の電位差 ($V_{pix} - V_{sig2}$) は最大約 10V となり、ディスクリネーションラ

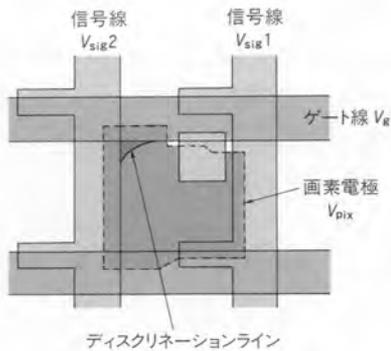
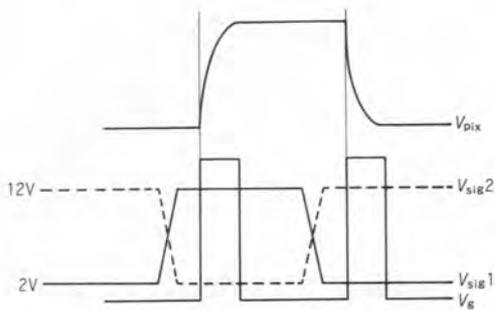


図5. 信号線反転駆動時の画素電位とディスクリネーションライン発生箇所 信号線-画素電極間電界による液晶分子の配列不良が発生し、光が散乱され輝線として観察される。

Position of disclination line



Cs電極(基準電位面)の電位 $V_{cs}=0V$



$V_{cs}=7.5V$



$V_{cs}=15V$

図6. ディスクリネーションラインのCs電極電位依存性 Cs電極電位が対向電極電位と等しいとき(7.5V)ディスクリネーションラインは消滅する。

Photographs showing change in disclination line due to Cs voltage

インが発生する。“ITO-Cs シールド構造”で、基準電位面の電位を0, 7.5(=対向電極電位), 15Vと変化させたときの表示例を図6に示す。基準電位面の電位が0Vおよび15Vのときは、ディスクリネーションラインは微量発生したが、対向電極電位と同電位(7.5V)であるとき、画素電極一隣接する信号線間の電界の影響が最小になり、完全に消滅し、電界シールドの効果があった。

5 あとがき

TFT-LCDの高開口率化に有効な、新しいアレイ構造“ITO-Cs シールド構造”について紹介した。この構造の採用により、画素ピッチ $40 \mu\text{m}^2$ で開口率40%を達成できた。これは、このサイズのa-Si TFT-LCDで世界最大の開口率である。

この技術は、TFT-LCDの低消費電力化に有効であるとともに、信号線と画素電極の間に透明電極で基準電位面を設ける構造のため、画質劣化の原因となるクロストークやディスクリネーションラインを減少でき、高画質化にも有効である。また、この構造は低温プロセスに対応しており大型ガラス基板の採用が可能であり、狭ピッチ超高精細TFT-LCDの低コスト化にも有効である。

今後、この技術の大画面・高精細LCDへの応用展開を図っていく。

文 献

- (1) T.Maekawa, et al : A High-Resolution 0.7-in.-Diagonal TFT-LCD, SID'92 Digest, p.55(1992)
- (2) N.Takahashi, et al : A High-Aperture-Ratio Pixel Structure for High-Density a-Si TFT Liquid Light Valves, SID'93 Digest, p.610(1993)
- (3) H.Toeda, et al : A high aperture and high density a-Si TFT-LCD with a new pixel structure, IEDM'93, p.401(1993)
- (4) K.Suzuki: High-Aperture TFT Array Structures, SID'94 Digest, p.167(1994)
- (5) M.Akiyama, et al : Effects of Source/Drain Electrode Overlapping on the Stopper-Insulator in a Self-Aligned TFT-LCD, SID'91 Digest, p.10(1991)

辻 佳子 Yoshiko Tsuji



1990年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、研究開発センター 材料・デバイス研究所。Materials & Devices Research Labs.

菅原 淳 Atsushi Sugahara



1990年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、研究開発センター 材料・デバイス研究所。Materials & Devices Research Labs.

室岡 三千男 Michio Murooka



1964年入社。液晶ディスプレイの研究・開発に従事。現在、研究開発センター 機器試作部。Research & Development Center