

低温ポリシリコン TFT-LCD モジュール

Low-Temperature Polycrystalline Silicon TFT-LCD Module

川又 健司
KAWAMATA Kenji

木下 正樹
KINOSHITA Masaki

低温ポリシリコン薄膜トランジスタ(以下、低温p-Si TFTと略記)を用いて、高精細・軽量・薄型・低消費電力・高耐久性の液晶ディスプレイ(LCD)を製品化した。低温p-Siは、アモルファスシリコン(以下、a-Siと略記)の約100倍の電子移動度があり、TFTを1/2に小型化でき、駆動用ICもガラス基板上に内蔵できる。TFTの小型化により高輝度・低消費電力化を、駆動用ICの内蔵により軽量・薄型・高耐久化を達成し、モバイル用に適した高精細なLCDとした。今後は低温p-Si TFTを用いることで、a-Si TFTでは困難だった200ppi(pixels per inch)の超高精細LCDを実現し、情報の伝達手段として印刷物と置き換えることも可能になると考えられる。

Low-temperature polycrystalline silicon thin-film transistors (LT p-Si TFTs) enable a high-resolution, lightweight, thin, low-power-consumption liquid crystal display (LCD) to be realized that is suitable for mobile PCs. LT p-Si has excellent electrical characteristics compared with conventional amorphous silicon (a-Si). The electron mobility of LT p-Si is about 100 times that of a-Si. This high mobility allows the size of the TFT to be reduced to half compared with a-Si, and also makes integration of the driving ICs possible on the glass substrate.

By reducing the TFT size we have accomplished high brightness and low power consumption, and by integrating the driving ICs on the glass substrate we have realized a lighter, thinner, and highly durable LCD. It will even be possible to develop super-high-resolution LCDs (such as 200 pixels per inch) that can replace printed materials.

1 まえがき

LCDは軽量・薄型・低消費電力といった特長から、ノートパソコン(PC)のディスプレイや、液晶プロジェクタなどに盛んに利用されている。

なかでも、近年のノートPC市場では、A5サイズやB5サイズの軽量・薄型製品に対する需要が増加している。これは、「軽く薄いノートPCで、デスクトップPCと同じ環境を持ち運びたい」と考えるユーザーが増えたことを反映していると思われる。このようなモバイル用ノートPCでは、小さな画面に多くの情報を表示するために、高精細のLCDが必要になってくる。

当社では、これらの高精細・軽量・薄型ノートPC市場の立上がりに対応し、8.4型SVGA(画素数：800×600)、10.4型XGA(画素数：1,024×768)の大画面低温p-Si TFT-LCDを製品化した。

ここでは、従来のa-Si TFT-LCDと比較した低温p-Si TFT-LCDの特長と、今回製品化したLCDについて述べる。

2 TFT-LCDの構成

ノートPC用のLCDは、TFT-LCDが主流になっている。TFT-LCDは、バックライトと、液晶パネル、外部回路から構成される(図1)。液晶パネルには、赤・緑・青の三原

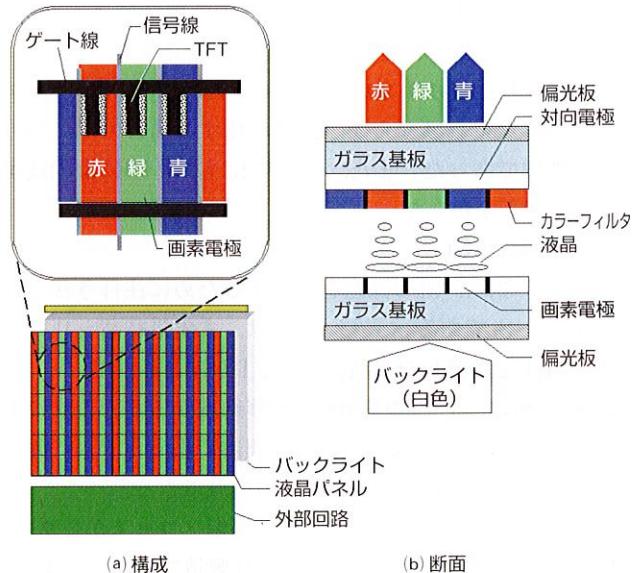


図1. TFT-LCDの構成 TFT-LCDは、バックライト光を液晶で制御することで画像を表示する。
Configuration of TFT-LCD

色のカラーフィルタがマトリックス状に配置されており、ドットごとにTFTに接続された画素電極をもっている。また、TFTには画素電極に表示信号を書き込む信号線と、書き込みを制御するゲート線が接続されている。

LCDでは、対向電極と画素電極間の液晶に加える電圧の大小によって、光の量を調整し任意の色を表示している。

3 各TFT素子の特長

今回開発したTFT-LCDは、TFT部に低温p-Siを使用している。従来からのa-Si、高温p-Siと比較した、低温p-Siの特長を表1に示す。

表1. 各TFT素子の仕様および特長

Specifications and features of TFT devices

項目	a-Si	低温p-Si	高温p-Si
移動度($\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)	0.5~1.0	30~200	100~200
画素TFTの駆動	○	○	○
駆動用ICの内蔵	△	○	○
TFTの大きさ(面積比)	△(1として)	○(約1/2)	○(約1/2)
プロセス温度(℃)	~350	~600	900~
大画面化	○	○	×
コスト(材質)	○(ガラス)	○(ガラス)	×(石英ガラス)
主要用途	ノートPC	モバイルPC、プロジェクタなど	プロジェクタ

3.1 a-Si

a-Siは、350℃以下の低温プロセスで製造できるため、安価なガラス基板が使え、大画面化も可能である。

しかし、移動度が小さいことを補うために、TFTサイズを大きくしなければならず、高精細化する場合の開口率の低下が問題であった。また、駆動用ICも、一般には内蔵することができなかった。

3.2 高温p-Si

このような、a-Siの課題を改善するために注目されてきたのが、p-Siである。p-Si TFTは、まず単結晶シリコンMOS-FETを踏襲した高温p-Si TFTが開発された。

高温p-Siは、a-Siの約100倍の移動度がある。これによりTFTサイズを加工精度の許容範囲内で小型化でき、開口率も高くできる。また、駆動用ICも内蔵できる。

しかし、高温p-Siは900℃以上の高温プロセスが必要で、高価な石英ガラス基板を使わなければ製造できない。また、石英ガラス基板は直径8インチまでしか供給できないために、大画面のLCDを実現できず、応用範囲がプロジェクション用などの小型用途に限定されている。

3.3 低温p-Si

このようななかで、高温p-Siと同等の移動度をもちながら、a-Siと同様にガラス基板が使え、大画面化も可能な、p-Siの開発が望まれていた。これが、低温p-Siである。

当社は、エキシマレーザ結晶法を活用することで、低温プロセスでp-Siを作ることに成功した。これにより、a-Si

と同等の大型ガラス基板でp-Si TFT-LCDを製品化できる。

4 p-Si TFT-LCDの特長

p-Siを使うと、TFTが小型化でき、駆動用ICが内蔵できる。これにより、a-Si TFT-LCDで問題となる、開口率の低下、高精細化の制約などの課題を解決でき、モバイル用LCDに適した以下のような特長が得られる。

4.1 高輝度・低消費電力化

TFT-LCDでバックライトからの光が透過できるのは画素電極部分だけだ、ゲート線、信号線、TFT部分は光を遮断してしまい、光がむだになっている。LCDを高精細化して画素密度を上げる場合でも、TFTの大きさや、ゲート線・信号線の幅はほぼ一定であり、高精細化するに従って、光が透過できる画素電極部分の面積が小さくなってしまう。

a-Siでは、移動度が小さいことを補うために、TFTサイズを大きくしなければならなかったのに対し、p-Siでは、移動度が十分に大きいため、TFTの大きさをa-Siで作る場合の1/2に小型化できる(図2)。

これにより、p-Siでは開口率が高くなり高輝度化できる。また、バックライト光が有効に利用できるので消費電力を低減できる。

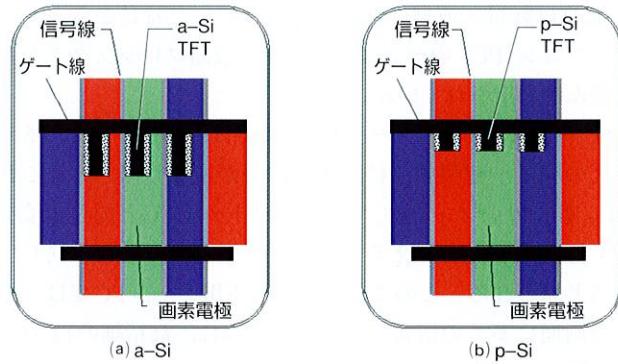


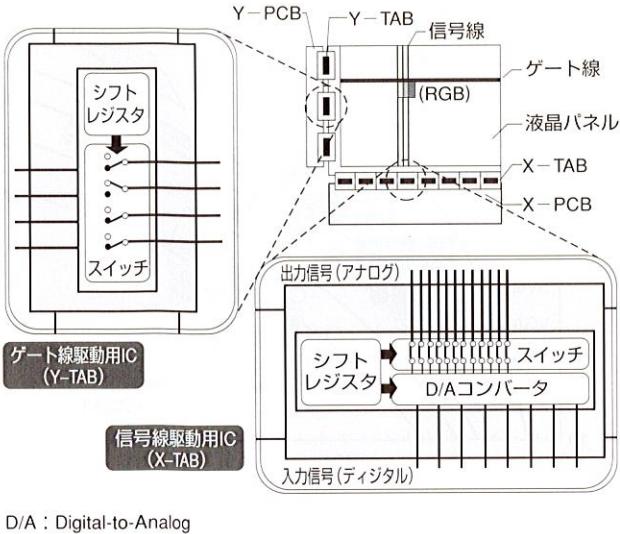
図2. TFT-LCDの画素構成 p-Si TFT-LCDでは、TFTを小型化でき開口率が向上する。

Configuration of TFT-LCD picture elements

4.2 高精細化

TFT-LCDでは、駆動用ICによりゲート線、信号線を通して、表示信号を画素電極に書き込んでいる。

a-Si TFT-LCDでは、駆動用ICをTAB(Tape Automated Bonding)方式で実装し、液晶パネルの周囲に別部品として接続している(図3)。この接続ピッチは、ゲート線側では画素ピッチ程度であり、信号線側では、赤・緑・青のおののドットに信号線を接続する必要から、画素ピッチの



D/A : Digital-to-Analog

図3. a-Si TFT-LCDの構成 駆動用ICをTAB方式で液晶パネル周間に接続するため、接続点数が多く、接続ピッチも狭い。

Configuration of a-Si TFT-LCD

1/3程度の狭ピッチが要求される。したがって、a-Siでは画素ピッチが細かくなるに従い、接続ピッチを狭くしなければならない。現在、この接続ピッチは最小60μm程度であり、信号線駆動用ICと信号線とを液晶パネルの片側で接続する場合には、画素ピッチで180μm(140 ppi)程度が高精細化の限界になっている。

一方、p-Si TFT-LCDでは、ゲート線駆動用ICすべてと、信号線駆動用ICのシフトレジスタやスイッチなどを、ガラス基板上に内蔵することで、回路基板(PCB)との接続線数を少なくできる(図4)。また、信号線駆動用ICのスイッチを、一つの入力信号を複数の出力信号に切り換えられ

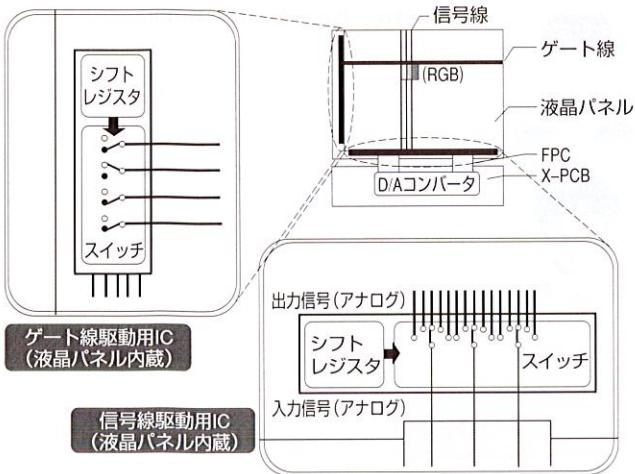


図4. p-Si TFT-LCDの構成 駆動用ICを液晶パネルに内蔵することで、接続点数が少なく、接続ピッチも広い。

Configuration of p-Si TFT-LCD

る構成にすることで、さらに接続線数を少なくすることもできる。

これにより、a-Si TFT-LCDのように液晶パネルと信号線駆動用ICの接続ピッチによって画素ピッチが制限されることがなくなり、TFT素子の加工精度の限界まで高精細化を進められる。

4.3 耐久性の向上

a-Si TFT-LCDでは駆動用ICをTAB方式で実装し、液晶パネルと60～100μm程度の狭ピッチで接続しなければならず、振動・衝撃・ひねりに対し耐久性を確保する設計が困難だった。

一方、p-Si TFT-LCDでは、駆動用ICをガラス基板上に内蔵することで液晶パネルと外部回路との接続箇所を減らすことができる。接続箇所は、XGAの場合を例にとると、a-Si TFT-LCDでは約4,000か所必要なのに対し、p-Si TFT-LCDでは200か所以下にできる。また、接続箇所の減少とともに、接続ピッチも広くできる。

この結果、狭ピッチ接続は困難だが、TAB方式と比較して強度が高いフレキシブルケーブル(FPC)をPCBとの接続に利用することができ、振動・衝撃・ひねりにおける耐久性を向上できる。

4.4 軽量・薄型化

a-Si TFT-LCDでは、駆動用ICをTAB方式で液晶パネルの二辺から四辺に接続している。TAB方式では、配線を自由に引き回せないため、PCBが2枚以上必要で、その形状や位置も限定されている。これによりバックライトを含めたモジュール全体の形状も制約を受けていた。

一方、p-Si TFT-LCDでは、液晶パネルとPCBとはF-PCにより一辺だけで接続すればよく、残りの三辺にはなにも接続しなくてよい。また、FPCはTAB方式と比較し、比較的自由に配線を引き回すことができる。これにより、PCBが1枚ですみ、小型・軽量化が可能になる。また、F-PCの引き回しをくふうすることで、PCB形状、位置が比較的自由に選べるようになる。この結果、バックライト形状を含め、LCDを組み込もうとする応用製品に合わせて最適化された薄型設計が容易になる。

5 低温p-Si TFT-LCDモジュール

今回製品化した、A5サイズPC用8.4型SVGA TFT-LCDを図5に、主な仕様を表2に示す。低温p-Si TFT-LCDの特長を生かすことで、業界トップクラスの軽量・薄型・低消費電力を達成した。

モバイルPC用のLCDとしては、A5サイズPC用8.4型SVGAとともに、ほぼ同一の画素ピッチで、B5サイズPC用の10.4型XGAも製品化した(図6)。

また、プロジェクション用としては、2.7型ワイド画面(ア

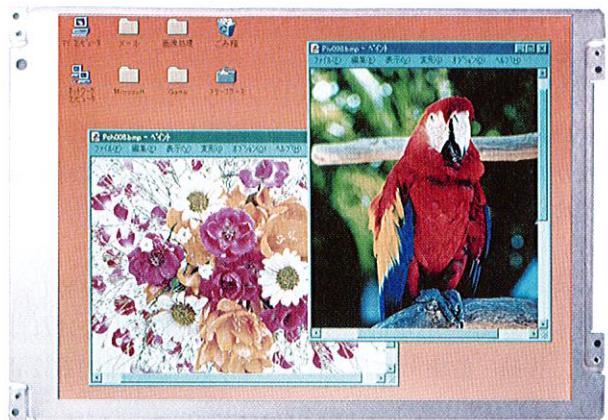


図5. 8.4型 SVGA TFT-LCD 低温p-Si TFTの特長を生かし、高精細、軽量、薄型、低消費電力、高耐久性を達成した。

Appearance of 8.4-inch SVGA TFT-LCD and example of display

表2. 8.4型 SVGA TFT-LCDの仕様
Specifications of 8.4-inch SVGA TFT-LCD

項目	仕様
画面サイズ	対角21cm(8.4型)
表示方式	低温p-Si TFTアクティブマトリックス
画素数(幅×高さ)	800画素×600画素
画素ピッチ(幅×高さ)	0.213mm×0.213mm
表示色数	26万色
外形寸法(幅×高さ×奥行)	200.8mm×141.4mm×4.9mm
コントラスト	250:1(標準値)
応答速度($t_{on}+t_{off}$)	40ms(標準値)
表面輝度	130cd/m ² (標準値)
消費電力	2.0W(標準値)※
質量	190g(標準値)
パックライト	CCFLサイドライト1灯

※表面輝度70cd/m²における値(ただし、パックライトインバータの効率は含まない)
 t_{on} :白表示から黒表示に切り換える時間 t_{off} :黒表示から白表示に切り換える時間
 CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp(冷陰極管)

スペクト比16:9)も製品化した。a-Siでは困難だった画素ピッチ84μm(302ppi)の超高精細を達成している。

6 あとがき

低温p-Si TFT-LCDについて、従来からのa-Si TFT-LCDと比較しながらその特長について述べた。

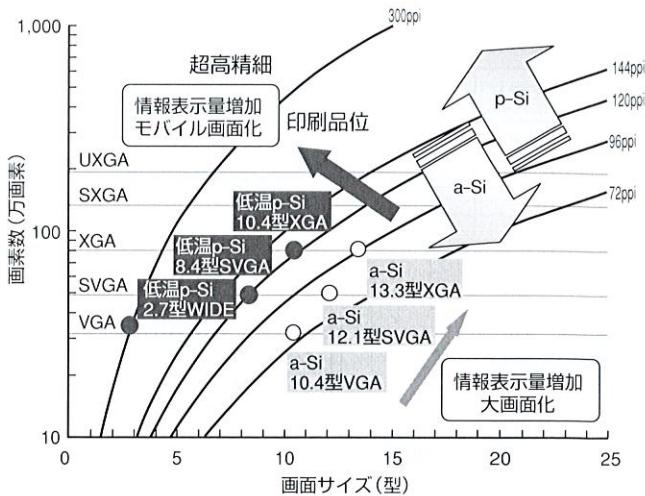


図6. 低温p-Si TFT-LCDの製品ラインアップ 低温p-Siの特長を生かした高精細LCDを製品化した。
Product lineup of low-temperature p-Si TFT-LCDs

今回製品化した8.4型SVGAおよび10.4型XGA TFT-LCDは、低温p-Si TFT-LCDの高輝度・低消費電力、高精細、高耐久性、軽量・薄型といった特長を生かすこと、モバイル用PCに採用された。また、プロジェクト用に製品化した2.7型ワイド画面では、すでに画素ピッチ84μm(302ppi)の超高精細を達成し、市場に投入している。

低温p-Si TFT-LCDの特長である高精細化を展開していくば、ビデオカメラやデジタルスチルカメラ用LCDを写真画質にすることや、長年のディスプレイの夢であった超高精細大画面LCDを実現し、情報の伝達手段として印刷物と置き換えることも可能と考えられる。

低温p-Si TFT-LCDの特長を生かした応用分野の開拓を、セットメーカーとともに進めていきたい。



川又 健司 KAWAMATA Kenji

液晶事業部 液晶応用技術部。
液晶ディスプレイの応用技術業務に従事。
Liquid Crystal Display Div.



木下 正樹 KINOSHITA Masaki

液晶事業部 液晶応用技術部グループ長。
液晶ディスプレイの応用技術業務に従事。
Liquid Crystal Display Div.