

# モバイル機器向け液晶ディスプレイの 超低消費電力化技術



企業リポート

久保田 靖\*

Ultra-Low Power Consumption LCD Technology Suitable for Mobile Equipment

Key Words : LCD, Power Consumption, Memory

## 1. はじめに

近年、インターネットの普及やライフスタイルの変化により、携帯電話を始めとし、PDA、携帯音楽プレーヤ、ゲームなどのモバイル機器の高性能化や多機能化が進んでいる。これに伴い、モバイル機器に搭載されるディスプレイに要求される性能も、大画面化、高精細化、薄型軽量化、狭額縁化、低消費電力化、高輝度化、広視野角化、高速応答化など多岐にわたり、かつ、益々高くなってきている。ディスプレイの種類としては、液晶ディスプレイ、有機EL (OLED)、電子ペーパー (電気泳動ディスプレイ) など様々なものが存在し、機器の用途に応じて最適な性能と価格のものが搭載されるが、その中でも液晶ディスプレイは殆どのモバイル機器に採用されている主要な表示デバイスである。

当社は、1973年に電子式卓上計算機に搭載する形で、世界に先駆けて液晶ディスプレイを実用化した。その後、セットメーカーあるいはエンドユーザーからの要求に応えるべく、次々と新しい技術を取り入れたディスプレイを市場に送り出してきた。例えば、モバイル機器向けに適した反射型液晶ディスプレイである「スーパーモバイル液晶」、透過型と反射型の両方の特徴を備えた「アドバンスト液晶」、広い視野角を有する「ASV液晶」、ASV液晶をモバイル向けに発展させた「モバイルASV液晶」、見る

角度によって異なる画像を表示できる「デュアルビュー液晶」、三次元画像を表示できる「3D液晶」、駆動回路などを一体形成した「ドライバ・モノリシック液晶」、表示機能に加えて入力機能を備えた「光センサ内蔵タッチパネル一体型液晶」など、革新的な液晶ディスプレイを次々と製品化してきた。

特に、CG Silicon (Continuous Grain Silicon : 注) 技術をベースとする「システム液晶」は、300dpiを超える高解像度化や、駆動回路や電源回路の一体化、光センサ方式タッチパネルの内蔵化など様々な性能・機能を実現することで、新たな応用機器の創出に貢献してきた。本稿で解説するメモリ内蔵液晶ディスプレイは、こうした液晶ディスプレイの技術開発の中で、バッテリーで駆動されるモバイル機器をターゲットとし、これに相応しいディスプレイとして新たに開発したものである。

モバイル機器の多くはバッテリー (1次電池または2次電池) で駆動され、システムの消費電力とバッテリー容量によって使用時間が決定される。そのため、使用時間の長期化やバッテリーの小型軽量化に寄与するディスプレイの消費電力低減は、モバイル機器の製品コンセプトに極めて重要な意味をもつ。例えば、使用者の立場からは、情報表示手段としてのディスプレイは常に表示されている方が望ましいが、電池使用時間を長くするために一定時間が経つと表示が消えるように設定されている場合が多い。ここで、ディスプレイの消費電力を飛躍的に低減することができれば、常時表示を可能にすることができる。更に低消費電力化が進めば、数年と想定される製品寿命 (使用期間) において、電池交換 / 充電の必要の無い機器を提供することも可能となるであろう。

このような常時表示を可能とするのが、今回開発した「メモリ内蔵反射型液晶ディスプレイ」であり、



\*Yasushi KUBOTA

1959年9月生  
京都大学大学院理学研究科化学専攻 修士課程 (1984年)  
現在、シャープ株式会社 液晶事業本部  
パネル設計センター 副所長 修士 化学  
TEL : 0598-38-8588  
FAX : 0598-38-8579  
E-mail : kubota.yasushi@sharp.co.jp

これを構成する技術が、CG Silicon 技術をベースとしたメモリ内蔵技術 (Memory in Pixel 技術) と、バックライト無し (反射モード) での視認性を大幅に向上したポリマー分散型液晶モード (PNLC 技術) である。

2. 超低消費電力化技術

1) メモリ内蔵反射型液晶ディスプレイ

メモリ内蔵反射型液晶ディスプレイは、各画素電極の下に埋め込まれているメモリ回路とそれを制御する駆動回路、及び、透明電極と反射画素電極との間に形成されたPNLC層等により構成されている。

表1に、当社にて生産中のメモリ内蔵反射型液晶ディスプレイの中で代表的なものの仕様を示す。1.3型 96 × 96 および 2.7型 400 × 240 は、いずれもモノクロ2値表示のディスプレイである。電源電圧は5V単一、入力信号電圧は3Vであり、パネル内には、独自の3線シリアルインターフェイスを備えたタイミングジェネレータ回路、ゲートドライバ回路、データドライバ回路、VCOMドライバ回路を内蔵している。表示部を構成する各画素部には、画像データを保持する1ビットのメモリ回路が設けられている。メモリ回路による画像データの保持と、液晶の極性反転の低周波数化 (1Hz) により、静止画表示時 (表示データ更新なし時) の消費電力は、1.3型 96 × 96 パネルで 10 μW、2.7型 400 × 240 パネルで 50 μW と非常に小さな値を実現している。

上記メモリ回路および周辺回路をガラス基板上に形成するために、高性能 TFT (薄膜トランジスタ)

が実現可能な CG Silicon 技術を用いており、さらに、TFT の閾値電圧安定とリーク電流抑制に最適化した製造プロセスにより、上記の超低消費電力化が実現できた。

表1のメモリ液晶ディスプレイはいずれもバックライトが不要な全反射型ディスプレイであり、後述するPNLC技術と組み合わせることにより、約50%と非常に高い反射率を実現している。そのため、従来の全反射型液晶ディスプレイであれば周囲の明るさが数ルクスになると画面が見づらくなるのに対し、本液晶ディスプレイは、周囲の明るさが0.5ルクス以上あれば文字を読むことができるレベルの視認性を実現している。

図1に1.3型 96 × 96 および 2.7型 400 × 240 パネルの表示例を示す。白表示では新聞紙と同等の白さが得られている。

2) 各画素に内蔵されたメモリ回路

一般に消費電流は  $I = f \cdot C \cdot V$  の式で表される (f: 駆動周波数、C: 負荷容量、V: 駆動電圧) が、メモリ内蔵液晶ディスプレイでは、駆動周波数と駆動電圧をそれぞれ下げることにより、超低消費電力化を達成した。

メモリ内蔵液晶ディスプレイの各画素の構成、および、一般的なアクティブマトリクス液晶の画素構成を図2に示す。一般的なアクティブマトリクス液晶の画素部は図2(a)の構成をとっており、画素トランジスタのON/OFFにより、ソースバスラインのデータをCS容量および液晶容量に書き込み、

表1 メモリ内蔵液晶ディスプレイの仕様

画面サイズ	1.3型	2.7型
ドット数	96 × 96	400 × 240
表示領域	24.1mm × 24.1mm	58.8mm × 35.3mm
ドットピッチ	252μm × 252μm	147μm × 147μm
表示色	モノクロ2値	モノクロ2値
表示モード	反射型(ノーマリーホワイト)	反射型(ノーマリーホワイト)
反射率	50%	47%
対向反転周期	1Hz	1Hz
インターフェイス	3線シリアルIF	3線シリアルIF
電源電圧	5.0V	5.0V
入力信号電圧	3.0V	3.0V
消費電力(静止画表示時)	10μW	50μW
消費電力(1Hz画像更新時)	30μW	175μW



図1 メモリ内蔵液晶ディスプレイ表示例  
(a) 1.3型 96 × 96 メモリ内蔵液晶ディスプレイ

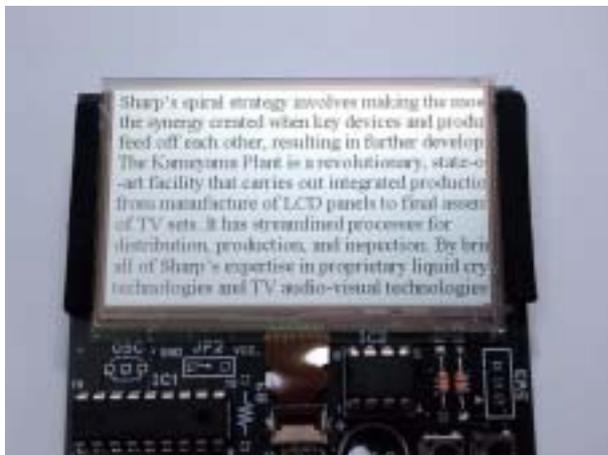


図1 メモリ内蔵液晶ディスプレイの表示例  
(b) 2.7型 400 × 240 メモリ内蔵液晶ディスプレイ

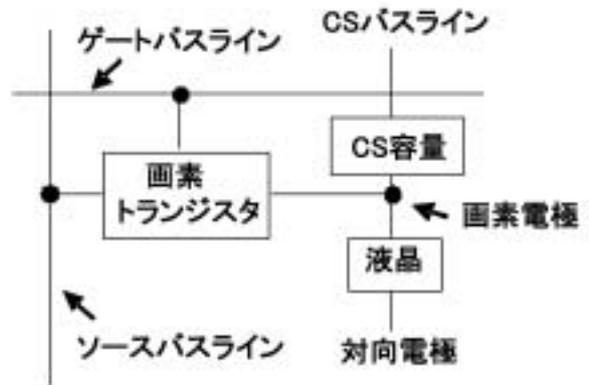


図2 メモリ内蔵液晶ディスプレイと一般的なディスプレイの画素構成  
(a) 一般的なアクティブマトリクス液晶ディスプレイの画素部

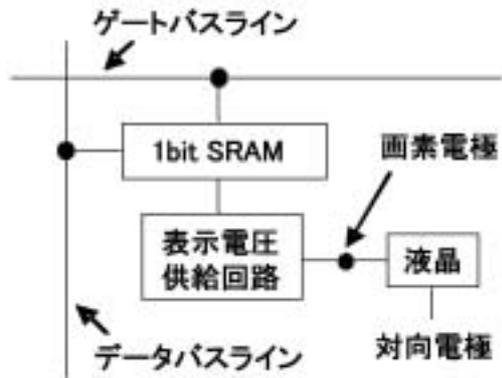


図2 メモリ内蔵液晶ディスプレイと一般的なディスプレイの画素構成  
(b) メモリ内蔵液晶ディスプレイの画素部

対向電極と画素電極の間の液晶に電圧を印加することで表示を行う。画素トランジスタのリーク電流による画素電極の電位変動の影響を避けるため、通常、60Hz等の周波数でデータを書き換える必要がある。このデータ書き込みの際に、ゲートバスラインおよびソースバスラインを駆動するための周辺回路が動作し、ソースバスライン容量やゲートバスライン容量への充放電電流や各回路部での動作電流が発生するため、電力が消費される。

これに対し、メモリ内蔵液晶ディスプレイの画素部は図2(b)に構成を示すように、各画素内に1bit SRAMと極性反転機能を有する表示電圧供給回路を内蔵している。

図2(b)において、ゲートバスラインを選択してデータバスラインのデータをSRAMに記憶させるが、SRAMに記憶されたデータに応じて表示電圧供給

回路より画素電極に表示電圧が供給されているので、低周波駆動においても電圧保持率の低下が起きず、表示品位への影響は生じない。表示データを書き換える場合にのみ、周辺回路を動作させて画素内のSRAMのデータを更新する必要があり、この時データバスライン容量やゲートバスライン容量への充放電電流や各回路部で電流が発生する。しかし、静止画表示で表示データの書き換えが必要ない場合には、画素電極へは表示電圧供給回路より常に電位供給が行われるため、一般的なアクティブマトリクス液晶ディスプレイで行われるような一定周期(通常、60Hz)でのデータ書き込み動作を行う必要がなくなると共に、液晶の極性反転周期を1Hzという低周波数に設定することが可能となる。

このように、各画素内にメモリ回路を内蔵することにより、交流駆動の周期を1Hzまで低減すると

ともに、表示データの書き換えを、表示画像の変化時にのみ行うことで、駆動周波数 (  $f$  ) の低減を行った。

また、従来の液晶ディスプレイでは、表示データとして正負両極性のアナログ信号を扱うことから、最低でも 12 ~ 15V の駆動電圧を必要としていたが、今回開発したメモリ内蔵液晶ディスプレイでは、システム全体を CMOS デジタル回路化することで、5V 単一電源での駆動を実現し、駆動電圧 (  $V$  ) の低減を行った。

### 3) 周辺駆動回路

メモリ液晶ディスプレイのブロック図を図 3 に示す。パネル内には、ゲートドライバ回路、データドライバ回路、3 線シリアルインターフェイスを含むタイミングジェネレータ回路、対向電極反転制御を含む VCOM ドライバ回路を内蔵している。

3 線シリアルインターフェイスでは、SCS (チップセレクト信号)、SCLK (シリアルクロック信号)、SI (シリアルデータ信号) の 3 本の入力信号を使用する。表示データ更新時は、シリアルデータ端子に、動作制御フラグ、ゲートラインアドレスデータ、表示データの順に入力を行うことにより、表示データの更新を行うことができる。表示データ更新は、1 水平ライン毎にゲートラインアドレスを指定して行う方式となっており、必要なラインのみのデータ更

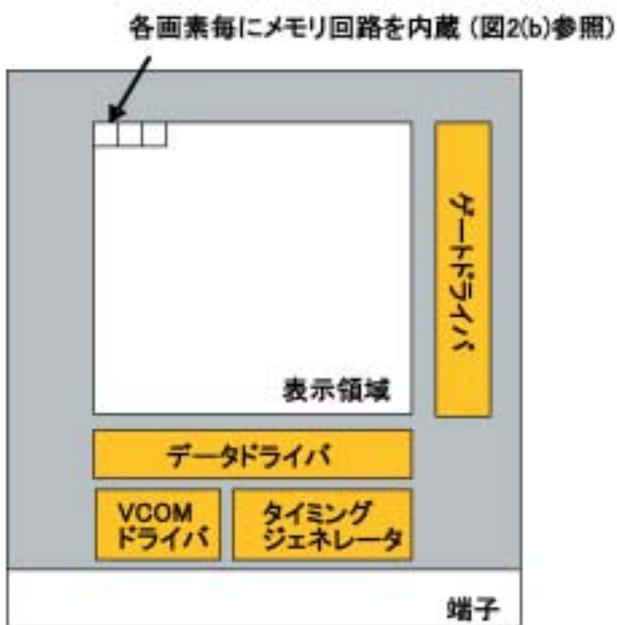


図3 メモリ液晶ディスプレイのブロック図

新が可能であることから、電力削減やデータ更新時間の高速化にも有効となる。

このような 3 線シリアルインターフェイスを採用することで、入力信号本数を削減することができると共に、CPU と直結した駆動が可能となり、機器のシステム設計が極めて容易となる。

### 4) PNLC 技術

PNLC ( Polymer Network Liquid Crystal ) 技術の動作原理を図 4 に示す。PNLC の表示モードにおいては、電圧を印加しない時は、液晶分子が不規則に並び、外部からパネルに入射した光は液晶層で散乱され白濁状態 (白表示) となるものである (図 4 a)。一方、PNLC に電圧を印加することで、不規則に並んでいた液晶分子がガラス面に対して垂直に並び透明状態となるので、パネル外部より入射した光は、液晶層の後ろ側にある反射板で反射し、ミラー表示またはミラー感のある黒表示が得られる (図 4 b)。

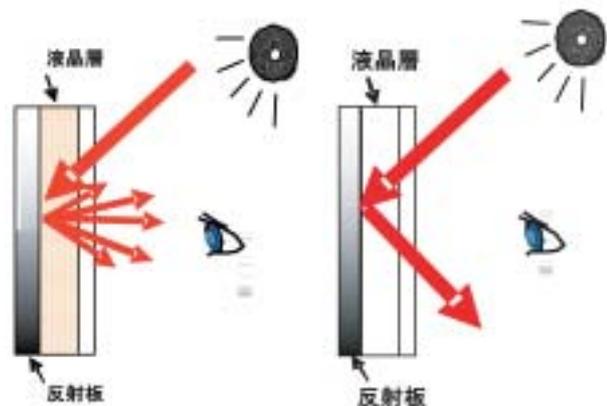


図4 PNLCの動作原理図 (a) 電圧無印加時 (白表示)

図4 PNLCの動作原理図 (b) 電圧印加時 (ミラー表示)

図 5 は、PNLC の特徴である液晶 ( LC ) とポリマー・ネットワーク ( PN ) からなるマイクロ相分離構造の電子顕微鏡 ( SEM ) 写真である。液晶 / モノマー / 光開始材の混合液に紫外線を照射して光重合相分離を誘起することで、液晶ドロブレットが分散した三次元網目状のポリマーネットワークが形成されている。この PNLC 層の散乱状態と透明状態の間のスイッチングを利用することで、偏光板を用いることなく表示を制御できるため、約 50% (モノクロ表示の場合) の反射率を有する明るい画像表示が可能となる。

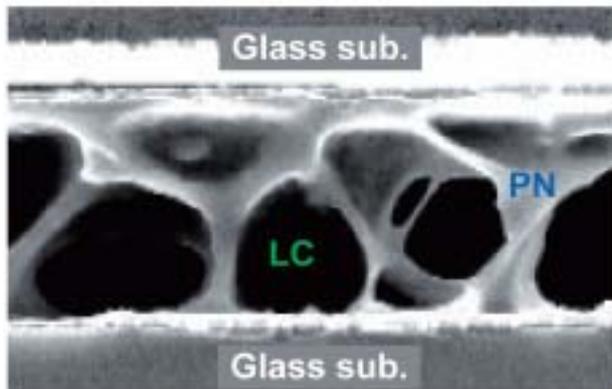


図5 PNLCのPolymer Network形状の断面顕微鏡写真

PNLCの電気光学特性は、LC材料とPN形状に強く依存する。そこで、当社は、低電圧で駆動でき、不純物濃度の少ないPNLC材料を開発し、更に、PNLC層形成において特に重要となるUV露光条件を最適化することにより、低周波駆動時に懸念されるフリッカーや残像の発生を抑制することに成功した。

### 3. 他のディスプレイとの比較

表2にメモリ内蔵液晶ディスプレイと他のディスプレイ（従来の反射型ディスプレイ、電子ペーパーの1種である電気泳動ディスプレイ）との比較表を示す。

従来の反射型液晶ディスプレイは、偏光板を持つ構成であることから、必然的に反射率が大きく低下する。開発したメモリ内蔵液晶ディスプレイの反射率は、偏光板を用いた従来の反射型ディスプレイの約2倍であり、また、電子ペーパーの1つである電気泳動ディスプレイに比べても25%高い。

電子ブック用途を中心に採用されている電気泳動ディスプレイは、電源をOFFにしても表示を維持することが出来るため、静止画表示を行う場合には、メモリ内蔵液晶ディスプレイに比べて消費電力面で優位性がある。しかし、表示画像を書き換える場合には、高電圧を必要とし大きな電力を消費するため、メモリ内蔵液晶ディスプレイの方が優位となる。消費電力は画像コンテンツ等にも依存するが、モバイル機器での一般的な表示においては、従来型反射ディスプレイの1/60以下に低減しており、また、電気泳動ディスプレイと比べても1/3程度である。

また、電気泳動ディスプレイは、表示画像を書き換える場合、画面のリフレッシュに秒単位の時間が必要となるため、動画表示に課題がある。これに対しメモリ液晶ディスプレイは、画面のリフレッシュ等は必要なく、60Hzの動画表示を行うことも可能である。

更に、表2にも記載されているように、メモリ内蔵ディスプレイでは、動画表示能力や幅広い動作可能温度などの特徴も有している。

以上のように、消費電力や視認性、画像書き換え時間/動画表示性能などの総合性能を見たとき、メモリ内蔵液晶ディスプレイは、従来の反射型ディスプレイや電子ペーパーなどでは実現できない商品の創出に貢献できるものである。

### 4. おわりに

上述のように、PNLC技術と組み合わせたメモリ内蔵液晶ディスプレイは、低消費電力性と高視認性とを両立するディスプレイである。携帯電話のサブ・ディスプレイや携帯音楽端末などのモバイル機器に

表2 表示方式による特性比較(1.3型ディスプレイでの比較)

表示方式	メモリ内蔵PNLC液晶		従来型反射液晶 カラー	電気泳動 白黒
	白黒	カラー		
画素数	96 × 96	(96 × 3) × 96	(96 × 3) × 96	96 × 96
積分反射率	50%	20%	11%	40%
色度(x,y)	(0.310, 0.333)	(0.310, 0.335)	(0.308, 0.341)	(0.305, 0.326)
コントラスト	10 : 1	5 : 1	15 : 1	7 : 1
駆動電圧	5V	5V	12V	15V
消費電力(書き換え周期)	10μW(1Hz)	25μW(1Hz)	2mW(60Hz)	30μW(1/15Hz)
駆動温度範囲	-20 ~ 70	-20 ~ 70	-20 ~ 70	0 ~ 50
保存温度範囲	-30 ~ 80	-30 ~ 80	-30 ~ 80	-25 ~ 70
応答時間	100msec	100msec	50msec	260msec

搭載することにより、常時表示が可能で動画表示にも対応できるため、これまでにない使い方やアプリケーションを生み出すことが期待される。図6は、携帯電話の背面ディスプレイに搭載された商品例（携帯電話）であり、3型ディスプレイに多くの情報を常時表示できることが、商品の特徴の一つとなっている。



図6 メモリ内蔵液晶を搭載した携帯電話

このような例にもあるように、デバイスと商品とは互いにニーズとシーズを共有することでスパイラルに進化することができる。アナログ機器からデジタル機器へのシフトの過程で技術の差別化が難しくなったと言われるが、日本が得意とする「擦り合わせ」に基づくデバイスと商品のスパイラルにより、国際競争力の高い製品創出に貢献すべく特徴デバイスの開発を今後も推進していきたい。

(注) CG Silicon(Continuous Grain Silicon) 技術は、株式会社半導体エネルギー研究所とシャープ株式会社とが共同開発した技術です。

(参考文献)

- 1) Yasushi Asaoka et al., Society Information Display 2009, pp.395-398, “Polarizer-free Reflective LCD Combined with Ultra Low-power Driving Technology”
- 2) Noboru Matsuda et al., International Display Workshop 2009, pp.243-246, “Ultra-Low Power System-LCDs with Pixel-Memory Circuit”

