

メモリ液晶ディスプレイの構成と特徴

業天誠二郎

モバイル液晶事業本部 モバイル液晶第1事業部

近年、携帯電話に代表されるモバイル機器の進化は目覚しく、搭載されるディスプレイに対する高性能化、高機能化の要求はますます高くなっています。そのような中で、当社オンリーワン技術であるCG-Silicon技術を用いて各画素内にメモリ回路を構成し、ディスプレイの低消費電力化を実現すると共に、PNLC技術と組み合わせることにより、デザイン性にも優れ、高視認性を実現したメモリ液晶ディスプレイ¹⁾²⁾の開発を行っています。本稿では、そのメモリ液晶ディスプレイの構成と特徴について解説します。

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、PMP、GAMEなどのモバイル機器の進化は目覚しく、高機能化や多機能化が進んでおり、それぞれの機器に搭載されるディスプレイへの要求性能も益々高くなっています。ディスプレイへの要求性能としては、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、高速応答化等があり、ディスプレイの種類としても、STN-LCD、a-Si TFT-LCD、電子ペーパー(E-ink)、Poly-Si TFT-LCD、有機EL等さまざまなものがあります。それぞれのディスプレイは、個々の特徴を有し、モバイル機器の用途および要求性能に応じて搭載され、さらに、タッチパネルと組み合わせることにより、マンマシンインタフェースとしての使用用途も拡大しています。

また、モバイル機器は多くの場合、バッテリーにより駆動され、システムの消費電力とバッテリー容量により使用時間が決定されます。そのため、システムとしての低消費電力化は必須となり、機器に搭載されるデバイス個々にも低消費電力化が非常に強く要求されます。

このような状況の中、各ディスプレイメーカーはそれぞれのディスプレイの特徴を生かし、ディスプレイへの要求性能の向上を図ると共に、他社との競争優位性を確保するため、さまざまな新技術や新構造を導入し新しいディスプレイを開発し他社との差別化を図っています。

本稿では、当社オンリーワン技術であるCG-Silicon技術^{*}を用いて、各画素内にメモリ回路を構成し、ディスプレイの低消費電力化を実現すると共に、PNLC技術と組み合わせることにより、デザイン性にも優れ、高視認性を実現したメモリ液晶ディスプレイについて説明致します。

※ CG-Siliconは(株)半導体エネルギー研究所との共同開発成果物です。

2 メモリ液晶ディスプレイの仕様と他のディスプレイとの比較

(1) メモリ液晶ディスプレイの仕様

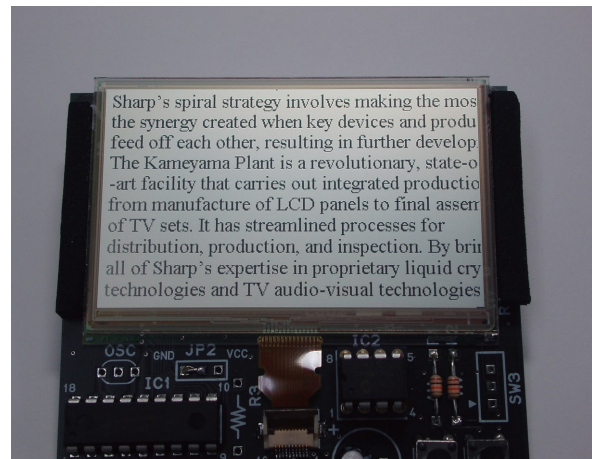
当社にて量産中または開発中の代表的なメモリ液晶ディスプレイの仕様を表1に示します。表1は、1.3型96×96および2.7型400×240の2種類について示したものであり、どちらも白黒2値表示のディスプレイです。電源電圧は、5V単一電源、入力信号電圧は3Vです。パネル内には、独自の3線シリアルインタフェースを備えたタイミングジェネレータ回路、ゲートドライバ回路、データドライバ回路、VCOMド

表1 メモリ液晶ディスプレイの仕様

インチ数	1.3インチ	2.7インチ
ドット数	96×96	400×240
表示領域	24.192mm×24.192mm	58.800mm×35.280mm
ドットピッチ	252um×252um	147um×147um
表示色	モノクロ2値(1bit)	モノクロ2値(1bit)
液晶モード	反射型(ノーマリホワイต์)	反射型(ノーマリホワイต์)
反射率	50%	47%
対向反転周期	1Hz	1Hz
インタフェース	3線シリアルインタフェース	3線シリアルインタフェース
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)	15uW	50uW
消費電力(1Hzデータ更新時)	30uW	175uW



(a) 1.3型96×96メモリ液晶ディスプレイ



(b) 2.7型400×240メモリ液晶ディスプレイ

図1 1.3型96×96/2.7型400×240 メモリ液晶ディスプレイ表示例

ライバ回路を内蔵しています。表示を構成する各画素部にはメモリ回路が設けられており、さらに、対向反転周期を1Hzと低周波数に設定することにより、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15uW、2.7型400×240パネルで50uWと非常に少ない値を実現しております。

上記メモリ回路、周辺回路をガラス基板上に形成するため、当社と株式会社半導体エネルギー研究所とで共同開発したCG-Silicon (Continuous Grain Silicon) 技術を用いており、さらに、プロセス開発にて、薄膜トランジスタ (TFT) の課題である閾値電圧の安定化により、TFTのリーク電流を抑制し、低消費電力化を実現しております。

表1のメモリ液晶ディスプレイは全てバックライトのいらない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、47%あるいは50%の非常に高い反射率を実現しています。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、メモリ液晶ディスプレイは、周囲の明るさが0.5ルクス程度あれば文字の視認性を確保することができます。

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します。白表示は新聞紙に近い白さが得られていると共に、黒表示はミラー表示となり、メタリック調のディスプレイとして、デザイン性にも優れた特性を有しています。

(2) メモリ液晶ディスプレイと他のディスプレイとの比較

表2にメモリ液晶ディスプレイと他のディスプレイとの比較表を示します。

電子ブック用途を中心に使用さ

れている電子ペーパー (E-ink) は、電源をOFF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、消費電力が発生せず、メモリ液晶ディスプレイに比べて消費電力で優位性があります。しかし、表示画像を書き換える場合、電子ペーパーは高電圧を必要とし、大きな電力を消費するため、メモリ液晶ディスプレイの方が消費電力で優位となります。

また、電子ペーパーは、画面を書き換える場合、ディスプレイの構成上、画面のリフレッシュを行う必要があり、書き換え時間も必要となるため、動画表示を行うことができない構成になっています。それに対し、メモリ液晶ディスプレイは、通常の液晶と同じように画面のリフレッシュ等は必要なく、動画表示を行うことが可能となります。

STN-LCDは、静止画表示であっても、周辺回路を動作させ表示データを一定周期で常に更新する必要があるため、対向反転のみ行うメモリ液晶ディスプレイに対して、消費電力が高い値となります。

さらに、STN-LCDは、解像度にもよりますが、一般的に5Vよりも高い電圧を周辺回路に必要とするため、データ更新を行う場合でも、5V

表2 メモリ液晶ディスプレイと他のディスプレイとの比較

	メモリ液晶	電子ペーパー	STN-LCD	有機EL
消費電力（静止画表示時）	○	◎	×	×
消費電力（1Hzデータ更新時）	◎	×	△	×
画像書換時間	◎	×	○	◎
視認性（明環境）	◎	○	△	×
視認性（暗環境）	○	△	×	◎

単一電源で構成されるメモリ液晶ディスプレイに対し、消費電力が高くなります。

有機ELディスプレイは、表示素子の構成上、自発光の特性を持っており、発光時に一定の電流が流れる構成となっており、メモリ液晶ディスプレイに対して、消費電力が高くなります。

また、暗い環境下における視認性について比較しますと、有機ELディスプレイは、自発光の特性を持っており、メモリ液晶ディスプレイやその他のディスプレイに対して優位性があります。しかしながら、上述した消費電力や明るい環境下における視認性を総合的に比較した場合には、有機ELディスプレイよりもメモリ液晶ディスプレイの方に優位性があります。

また、表2には記載がありませんが、一般的なa-Si TFT-LCDについても、STN-LCDと同様に静止画表示時に一定周期で周辺回路を動作させデータ更新が必要となるため、メモリ液晶ディスプレイに対し、消費電力が高くなります。

メモリ液晶ディスプレイと電子ペーパーやSTN-LCD、有機ELディスプレイにおいて、表2に示す消費電力や暗い環境下および明るい環境下の視認性、画像書き換え時間を総合的に比較した場合、メモリ液晶ディスプレイは性能的な優位性を持っています。

3 メモリ回路と周辺回路

(1) 各画素に内蔵されたメモリ回路

メモリ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に示します。一般的なアクティブマトリクス液晶の画素部は図2(b)の構成となり、画素トランジスタのON

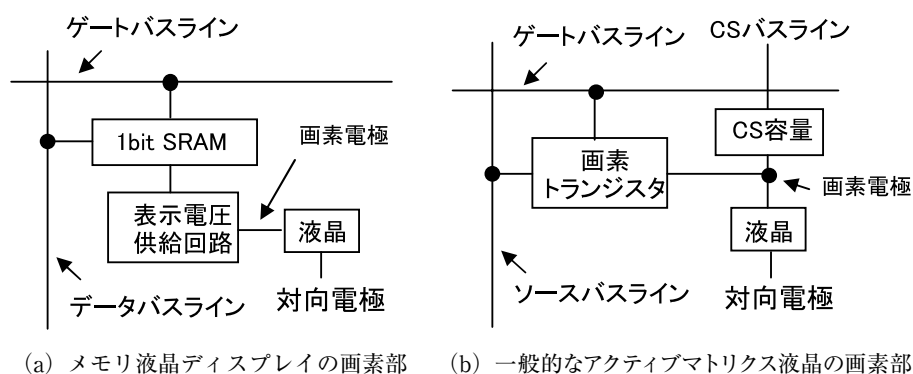


図2 メモリ液晶ディスプレイと一般的なディスプレイの画素構成

／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充電して、対向電極と画素電極の間に電荷を保持し表示を行います。画素トランジスタのリーク電流により、画素電極の電位が変動するため、通常、60Hz等の周波数で画素電極へのデータ書き込みが必要となります。データ書き込みの際、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します。

それに対し、メモリ液晶ディスプレイの画素部は図2(a)の構成となり、各画素内に1bit SRAMを内蔵しています。ゲートバスラインを選択し、データバスラインのデータをSRAMに記憶します。SRAMに記憶したデータに応じて、表示電圧供給回路より画素電極に電圧を供給します。そして、対向電極と画素電極間に印加された電圧により表示を行います。表示データを書き換える場合は、周辺回路を動作させ、画素内のSRAMのデータを更新する必要があります。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します。しかし、静止画表示で表示の書き換えが必要ない場合、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、画素電極の電位変動

は発生せず、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周辺回路を使用したデータ書き込み動作を行う必要がなくなると共に、対向反転周期を1Hzという低周波数での設定が可能となります。

一般的に消費電流は $I = fCV$ の式で表され、 f は駆動周波数、 C は負荷容量、 V は駆動電圧となります。メモリ液晶ディスプレイは、画素内にメモリ回路を内蔵することにより、書き換え回数の低減を行い、低周波数化(f の低減)を行うと共に、通常15V程度の電源電圧が必要となるのに対し、メモリ回路で使用する電源電圧を5V(V の低減)とすることにより、低消費電力化を実現しています。

(2) 周辺回路

メモリ液晶ディスプレイのブロック図を図3に示します。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線シリアルインタフェースを含むタイミングジェネレータ回路、対向反転制御を含むVCOMドライバ回路を内蔵しています。

3線シリアルインタフェースは、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ものとなります。図4に、

3線シリアルインタフェースによる対向反転指示のタイミングチャートを示します。対向反転制御は、対向反転のタイミングで、タイミングチャートのようにシリアルインタフェースにてD1の値をHまたはLとすることにより、対向電極の極性を決定することが可能となります。

また、表1に示す2つのメモリ液晶ディスプレイにおいては、対向反転制御選択端子の設定で、対向反転のタイミングで外部からパルス信号を入力することにより対向反転制御を行うことも可能な仕様となっております。それぞれの方式においてメリットがあり、使用されるシステムで最適な方式を選択頂くことが可能

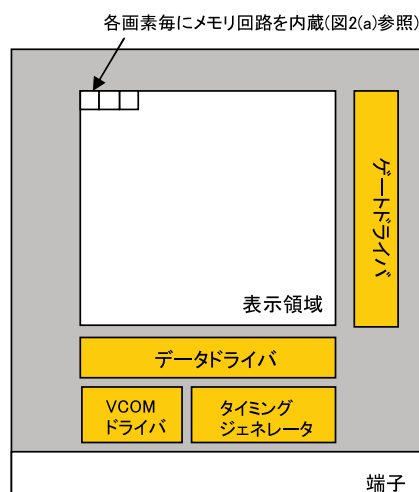


図3 メモリ液晶ディスプレイのブロック図

となります。

また、表1に示す2つのメモリ液晶においては、対向反転周期が1Hzとなり、上記対向反転指示を1秒に1回行う必要があります。

表示データ更新がない場合、上記のどちらかの方法で対向反転制御のみを行い、表示を行うことが可能となり、ゲートドライバ回路やデータドライバ回路の動作を停止した状態とし、低消費電力化を実現しています。

また、表示データ更新時は、シリアルデータ入力端子 (SI) より、動作制御フラグ (図4のD0～D2)、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、表示データ更新を行うことができます。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、データ更新の必要なラインのみのデータ更新が可能となり、電力削減やデータ更新時間の高速化にも有効となります。また、3線シリアルインターフェイスを使用することで、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、セット側での使用が容易となります。

4 PNLC技術

PNLC (Polymer Network Liquid Crystal) 技術の動作原理を図5に示

します。PNLCは、電圧を印加しないと、液晶分子は不規則に並び、外部からパネルに入射した光は液晶層で散乱され、白濁し不透明状態 (白表示) となります。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ぶため光を通し透明状態となります。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に反射し、ミラー表示またはミラー感のある黒表示が得られます。

PNLCは、以上のように透明状態と白濁した不透明状態を取り、偏光板を必要としない構成となります。そのため、1.3型で50%、2.7型で47%の非常に高い反射率を可能とし、高視認性を実現しています。さらに、電圧を印加した場合、ミラー表示となり、メタリック調のディスプレイとしてデザイン性にも優れ、さまざまな商品への適用が期待されます。

また、屋外において、サングラスを掛けた状態でディスプレイ表示を見る場合、従来の偏光板を使用しているディスプレイでは、見る角度により輝度低下が発生し、表示が見えなくなる角度が存在しますが、PNLCを使用したディスプレイにおいては、偏光板がないため、そのような問題も発生しないという特徴も

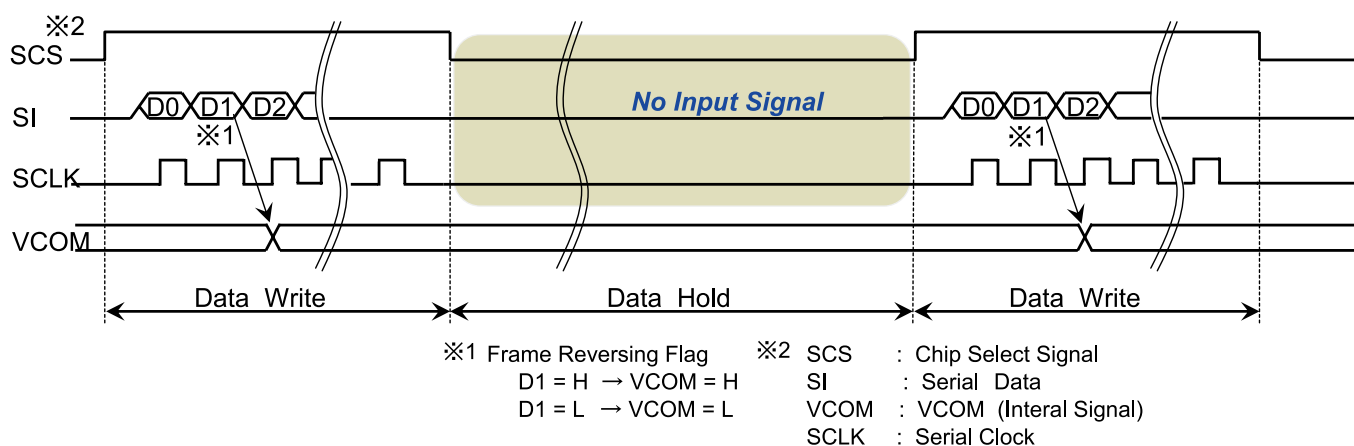


図4 3線シリアルインターフェイスによる対向反転指示タイミングチャート

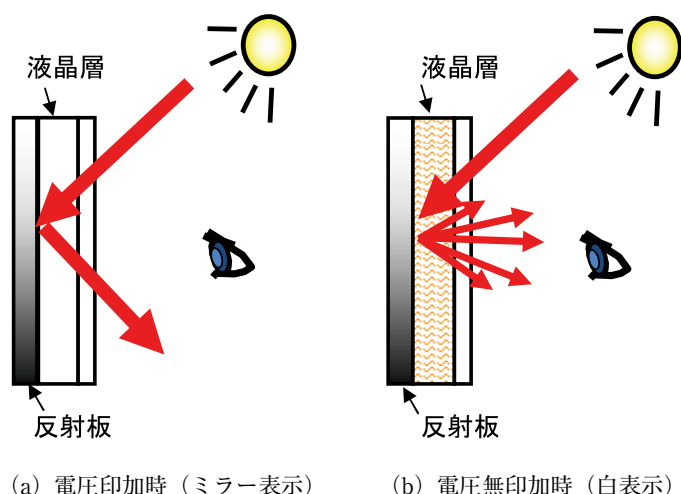


図5 PNLCの動作原理図

あり，アウトドア用途の各種機器への搭載が大いに期待されます。

5 最後に

以上説明しましたように，PNLC技術と組み合わせたメモリ液晶ディスプレイは，低消費電力で高視認性

のディスプレイを実現すると共に，黒表示がミラー表示となる今までにないデザイン性に富んだディスプレイとなっています。

低消費電力化の特徴により，バッテリー駆動機器である携帯電話のサブ画面やPMPに搭載することによ

り，常時点灯が可能で，バッテリー寿命の長い製品を提供することが可能となります。

さらに，動画表示への対応も可能であり，各種アプリケーションに応じた使用が可能なディスプレイとなっています。

また，白物家電やリモコン，おもちゃなどモバイル機器以外の用途や今までディスプレイが搭載されていなかった機器への搭載，また，アウトドア用途などさまざまな商品への搭載が期待されます。

今後も，市場のニーズにマッチしたメモリ液晶ディスプレイの開発，提供を行っていきます。

参考文献

- 1) Y.Asaoka, et al., SID 09 Digest, p395-398
- 2) N.Matsuda, et al., IDW 09 Digest, p243-246