

# アンビエントライトセンサシステム内蔵 システム液晶ディスプレイ

System-LCD with Monolithic Ambient-Light Sensor System

前田 和宏\*1  
Kazuhiro Maeda

久保田 靖\*1  
Yasushi Kubota

## 要 旨

当社の独自技術であるCGシリコン技術を用いて、ラテラル構造フォトダイオードと該出力信号を加工するアナログ処理回路からなるアンビエントライトセンサシステムをガラス基板上に一体形成した、352×RGB×440 システム液晶ディスプレイを開発した。これにより、外部部品の追加無しで液晶モジュール内バックライトの輝度を周囲の明るさに応じた最適な状態にリアルタイムコントロールすることが可能となり、モジュール製造の低コスト化と併せて、低消費電力化、ならびに、高信頼性が実現する。

We have developed a 352×RGB×440 System-LCD that incorporates an ambient light sensor system comprising a lateral photo diode and analog processing circuits integrated directly onto the display substrate by using CG-Silicon technology. By intelligently controlling the LCD backlight level in response to ambient lighting conditions, we achieve low power consumption with high reliability at low cost.

## まえがき

近年、ADSL・FTTHの整備や3G携帯電話の普及、モバイル衛星放送・地上波デジタル放送の開始など通信インフラの発展は目覚しく、それに伴ってそれらソースの受信機となりうるPCやPDA、携帯電話等のモバイル機器についても、多機能化、小型軽量化、低消費電力化等、そのユーザビリティの更なる向上が熱望されている。このような流れの中、それらモバイル機器にマンマシンインタフェースとして用いられている液晶ディスプレイについてももちろん、より一層の高性能化が要求されており、各社新技術の開発・導入に凌ぎを削っているのが現状である。当社は株式会社半導体エネルギー研究所と共同開発したCGシリコン(Continuous-Grain Silicon)技術<sup>1) 2)</sup>を中核技術とした「システム液晶」を提案し、2002年より量産を開始した。この「システム液晶」は、ガラス上に様々な機能を集積化することにより、ディスプレイのカスタマイズ化と最適化を実現し、表示品位の向上やディスプレイの多機能化、低消費電力化、低コスト化等を同時

に達成し得るデバイスである。現在は、マルチドライバーシステム<sup>3) 4) 5)</sup>を用いた多機能化・低消費電力化、ならびに、モバイルASVによる高表示品位化を実現したシステム液晶を量産し上記ニーズに对应している。

## 1. 開発目的

上記したように、モバイル機器用の液晶ディスプレイには高性能化、すなわち、高輝度・高精細化、多機能化、小型軽量化、低消費電力化等が強く要求されている。中でも特に要望が大きいのが低消費電力化であり、機器の用途幅が広がる中、長時間連続のフルスペック使用を想定したアプリケーション設計が必要となってきた。このような市場トレンドを鑑み、今回、液晶モジュールにおける電力消費の主因であるバックライトユニットの消費電力を低減することを目的としてその輝度を外周光に応じてコントロールする機能を有する回路をガラス基板上に一体形成したシステム液晶を開発した。<sup>6)</sup>

\*1 モバイル液晶事業本部 システム液晶第2事業部 開発技術部

## 2. ディスプレイシステム

今回、当社が開発したシステム液晶の仕様を表1に示す。画素数は352×RGB×440と、次世代の携帯電話用ディスプレイを想定したものとなっており、さらに、液晶パネル駆動に必要な周辺回路一式ならびにアンビエントライトセンサシステムがモノリシック化されている。それにより、デジタルデータの直接入力や供給電源の2.7V単一化、入力タイミング信号の最少化、バックライト輝度のリアルタイム4段階コントロール等が実現され、結果、外部ホストとの整合性向上、部品コストの削減、機械的信頼性の向上、低消費電力化、表示品位の最適化等数多くのメリットを有する。図1にパネルブロック図を示す。実パネル上の物理的回路配置に関しては、回路の相互関係を考慮した上での最適化が施されている。

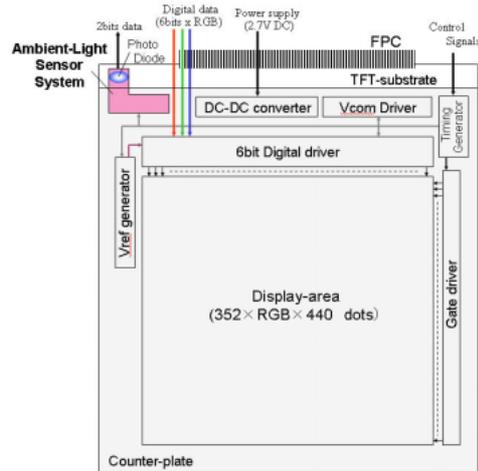


図1 パネルブロック図  
Fig. 1 Panel block diagram.

表1 パネル仕様  
Table 1 Panel specifications.

Sizes		
Item	Unit	Spec.
Pixels		352×RGB×440
Display area	mm	34.848×43.560 (2.2")
Pixel pitch	um	33×RGB×99
Resolution	ppi	257
Electrical Characteristics		
Item	Unit	Spec.
Supply voltages VDD	V	2.7
VSS	V	GND
Control signals	V	0.0 / 1.8
Frequency Data	MHz	9.6
Gate	kHz	22.3
Monolithic circuits		
Component	Feature	
Digital I/F	6-bit DAC, Analog- AMP	
Timing generator		
Vref generator	Changeable gamma (1.8 or 2.2)	
Vcom driver		
DC-DC converter		
Gate driver		
Ambient-light sensor system	Control the brightness of B/L	

## 3. アンビエントライトセンサシステム

図2にアンビエントライトセンサシステムのブロック図を示す。本システムは、いくつかのブロックによって構成されているが、その中でも特に重要なものが、外周光に応じた出力電流を発生させるラテラル構造フォトダイオード部と、外周光の状態を表すフォトダイオード電流をその量と1対1に対応する出力電圧に変換するI/V変換回路、および、出力電圧と判定基準電位の比較を行いその結果をデジタルデータに変換して出力データを生成するA/Dコンバータである。

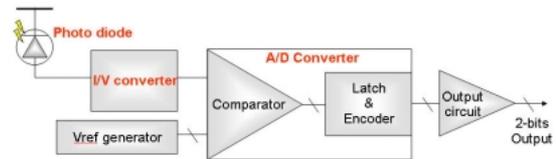


図2 アンビエントライトセンサシステム回路ブロック図  
Fig. 2 Ambient-Light sensor system block diagram.

### 3・1 ラテラル構造フォトダイオード

図3にフォトダイオードの光学顕微鏡写真と構造模式図を示す。本デバイスはPIN型のラテラル構造であり、CGシリコン技術を用いた従来のTFTデバイスと同等のプロセスによって作製される。図4に本デバイスの周囲光に対する出力特性を示す。今回、1層の長さとお純物濃度の最適化を実施した結果、数百lx～18000lxの実用範囲にてフォトダイオード電流が周囲光に対して非常に良い線形性を示しており、これは、

本デバイスを用いて外周光の状態を十分にモニタリングできることを意味している。

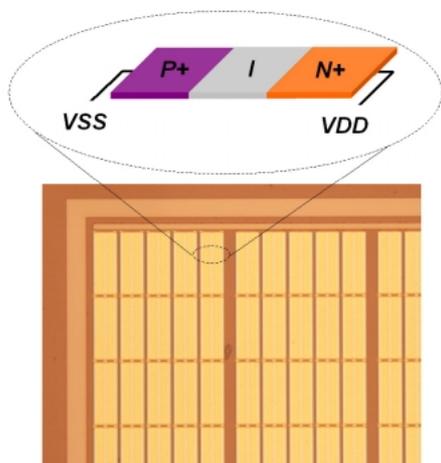


図3 フォトダイオードの光学顕微鏡写真と構造模式図  
Fig. 3 Photodiode micrograph and structure.

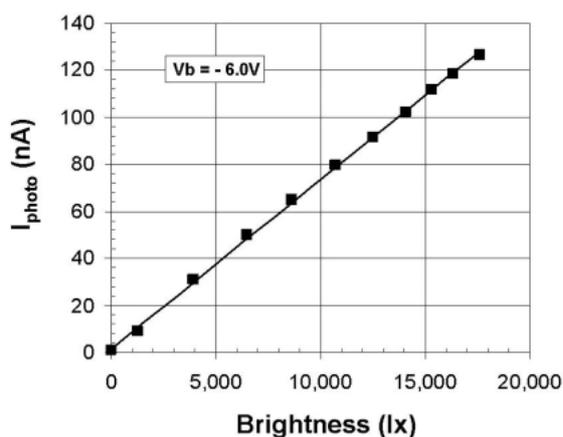


図4 ラテラル構造フォトダイオードの出力特性  
Fig. 4 Characteristics of lateral photo diode.

### 3・2 I/V変換回路

システムのセンサ感度を調整する機能を実現しているI/V変換回路の概要を図5に示す。本回路は、通常構造のTFTデバイスのゲート容量を利用した容量列と、その容量列の部分的な有効状態を外部より入力された4ビットの信号によって決定するセンサ感度調整回路から構成されている。ここで、容量列を構成するTFTデバイス群をある所定のサイズにて細分化ならびに規則配置することにより、高精度な変換性能とプロセスマージンの確保を小規模回路にて可能としている。図6にセンサ感度調整図を示す。図より、センサ感度調整信号によってフォトダイオード電流を出力電

圧に変換する際の変換係数である感度要因値が16段階に変化していることがわかる。これはすなわち、センサシステム有効照度領域の16段階切替えが可能であることを意味しており、これが、本システムのワイドレンジ使用を可能としている。

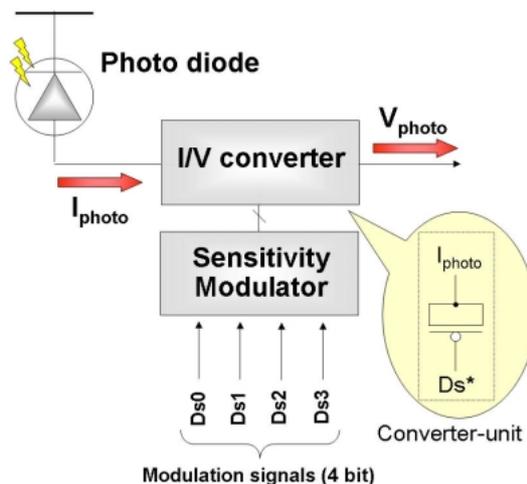


図5 I/V変換回路模式図  
Fig. 5 Circuit outline of I/V converter.

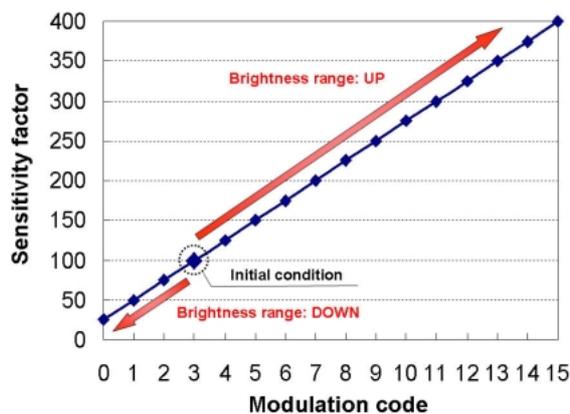


図6 センサ感度調整図  
Fig. 6 Modulation diagram.

### 3・3 A/Dコンバータ

本回路は、I/V変換回路より出力されるフォトダイオード電圧をある所定の基準電位と比較し、その結果をデジタルデータへ変換する。図7に示すように、本回路はフォトダイオード電圧とある所定の基準電圧を比較しその大小を判定するコンパレータ回路と、コンパレータ回路の出力をある一定期間保持するラッチ回路から構成されていて、これら2つの出力を用いてフォトダイオード電圧の比較対象となる2つの基準電

位 (Vref1, Vref2) のうちどちらか一方を有効としヒステリシス動作を行うことによって、高周波ノイズと低周波ノイズの両方に対する耐性を向上させている。図8にヒステリシス動作波形図を示す。図のように、フォトダイオード電圧が初期設定基準電位であるVref1を超えた時点で基準電位をVref2に切替えることによって、フォトダイオード電圧のノイズによる判定用基準電位付近での揺れの影響を除去し安定したデータ変換を実現している。

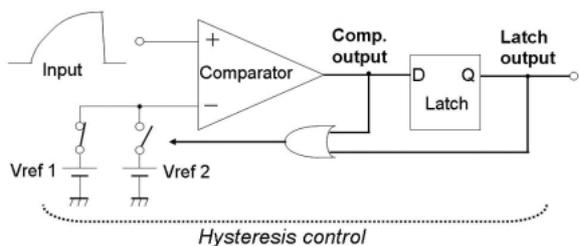


図7 A/D変換回路模式図  
Fig. 7 Circuit outline of A/D converter.

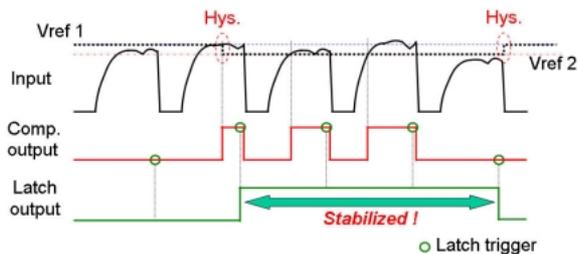


図8 ヒステリシス動作波形図  
Fig. 8 Signals with hysteresis control.

#### 4. システムパフォーマンス

今回開発したシステム液晶の写真を図9に示す。鮮明な画像より、ガラス基板上に一体形成された液晶駆動用各回路が正常に動作していることがわかる。また、アンビエントライトセンサシステムの実動作測定結果を図10に示す。図10中の3本の線は、バックライト輝度を切替える際のしきい照度値を示しており、これら3本の線間ならびに上下がそれぞれ異なるバックライト輝度状態を表している。図より、今回開発したシステムは、外周光に応じたバックライト輝度の4段階コントロールを実現しており、かつ、センサ感度調整により、その感度領域も数百lx～約20000lxと実用範囲を広くカバーできていることがわかる。図11に本システムの実アプリケーション上での使用例を示す。

す。本図は、バックライト輝度コントロールが有る場合と無い場合の消費電力比(明るい屋内時にバックライト輝度が最大となり、その時の割合を1と定義している)を示しており、その使用形態は、半透過型のモバイル用途液晶ディスプレイにて屋外の太陽直下ではバックライトをOFFして反射型にて使用し、室内ではその明るさに応じてバックライトの輝度を調整し液晶モジュールの視認性を一定に保つ場合である。先に述べたように、液晶モジュールにおける電力消費の主因はバックライトユニットであり、本システムを用いて図11のようにバックライト輝度をその場その場で最適化することにより、非常に実用的かつ効率的に液晶モジュールの消費電力削減が可能となる。



図9 開発したシステム液晶  
Fig. 9 Developed display image.

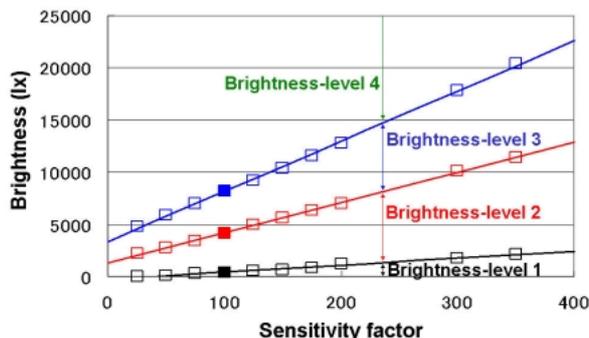


図10 アンビエントライトセンサシステムの評価結果  
Fig. 10 Measurement result of the Ambient-Light sensor system.

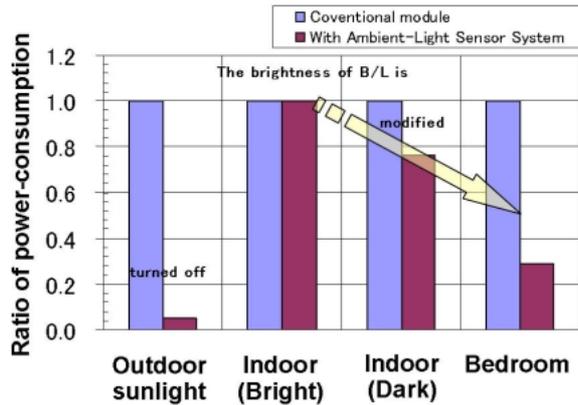


図 11 アンビエントライトセンサシステムの使用例とその効果  
 Fig. 11 Example of the effect on Ambient-Light sensor system.

## むすび

ガラス基板上に各種回路機能を一体形成する液晶ディスプレイのシステム化は、その製造コスト削減、機械的信頼性向上、構成部材のデリバリー問題からの脱却、モジュールの小型軽量化、新機能の追加等、本来技術的なトレードオフが多く内在する項目を同時に

実現する方法として非常に有効なものであり、今回開発したモノリシックアンビエントライトセンサシステムはその実現例の一つである。今後も、更なる新規性・実用性を兼ね備えた技術開発を推進し、ユビキタスネットワークの中核技術としてのシステム液晶を進化させていく所存である。

## 謝辞

本システム液晶パネル開発にあたり、多大なるご協力をいただきましたシャープ・ヨーロッパ研究所の方々に心から感謝致します。また、開発全般に渡り、ご指導とご協力をいただきました、ディスプレイ技術開発本部要素技術開発センターの皆様、ならびに、モバイル液晶事業本部の皆様心から感謝致します。

## 参考文献

- 1) H. Sakamoto et al., SID'00 Digest, pp. 1190-1193, 2000.
- 2) N. Makita et al., AM-LCD2000 Digest, pp. 37-40, 2000.
- 3) H. Washio et al., SID'01 Digest, pp. 276-279, 2001.
- 4) G. Cairns et al., SID'01 Digest, pp. 102-105, 2001.
- 5) K. Maeda et al., SID'02 Digest, pp. 794-797, 2002.
- 6) K. Maeda et al., SID'05 Digest, pp. 356-359, 2005.

(2005年6月13日受理)