

超低消費電力駆動技術を組み込んだ偏光板レス反射型液晶ディスプレイの開発

浅岡 康 佐藤 英次 出口 和広 佐藤 孝 箕浦 潔 伊原 一郎
 藤原小百合 宮田 昭雄 伊藤 康尚 業天誠二郎[†] 松田 登[†] 久保田 靖[†]
 研究開発本部 表示技術研究所 [†] モバイル液晶事業本部 モバイル第1事業部

原論文

“Polarizer-free Reflective LCD Combined with Ultra Low-power Driving Technology”
 2009 SID International Symposium Digest of Technical Papers, Volume XV Book I, 395-398

我々は、偏光板を使うことなく、優れた視認性（反射率=50%, CR=10:1）を発揮する新たな反射型液晶パネルを開発した。さらに、フリッカーと残像を生じない低周波駆動（1Hz未満）を実現することにより、10 μWという極めて小さな消費電力を達成した。このような特徴は、画素メモリ回路と新たなポリマー・ネットワーク液晶（PNLC：polymer network liquid crystals）を組み合わせることにより実現することができた。

【原理】

我々が新たに開発した反射型液晶ディスプレイ（RLCD：reflective liquid crystal display）は、透明電極と鏡面の反射画素電極の間に形成されたPNLC層と、各画素電極の下に埋め込まれている1ビット・画素メモリ回路により構成されている。

画素メモリ技術

画素メモリ液晶パネルは、電源を含む5本の信号線のみで駆動することが可能であり、インターフェースが非常に簡略化されている。また、表示に必要な各種ドライバと、各画素中に埋め込まれている画素メモリ回路は、CGシリコン^{*1}技術を用いてガラス基板上に一体形成されている（図1）。本パネル構造では、画像データが各画素のメモリ内に格納され、静止画の表示中は、画像データをリフレッシュする信号を入力する必要が無く、電源電圧の供給だけでパネル表示が可能となる。さらに、すべてのシステムはCMOSデジタル回路から構成され、その動作には5Vの電圧しか必要としない。

PNLC技術

図2はPNLCの特長である液晶とポリマー・ネットワーク（PN）からなるマ

イクロ相分離構造のSEM断面写真である。液晶/モノマー/光開始剤の混合液に紫外線を照射し光重合相分離を誘起すると、液晶ドロップレットが分散した3次元網目状のPNが形成される。電圧オフではドロップレット内の液晶分子がランダムに配列し、白濁（光散乱）しているが、電圧オンでは液晶分子が電圧方向に配列し、透明となる。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し、偏光板を用いないため、明るい画像表示が可能である（図3）。また、反射板にアルミ鏡面反射を用いており、メタリックな画面で、今までに無いデザイン性を実現している。

【消費電力と表示性能】

液晶パネルの消費電力は、駆動周波数と表示画像、画素数に依存する。1.35型のディスプレイ試作品の1Hz駆動での消費電力は、クロック・パターン表示において、白黒パネルで10 μW、カラー・パネルで25 μWである。全面黒表示においては、白黒パネルで15 μW、カラー・パネルで30 μWである。このような極めて小さな消費電力は、TFTの漏れ電流を極限まで低減させることにより実現した。

我々のシステムでは画素電極に常に電

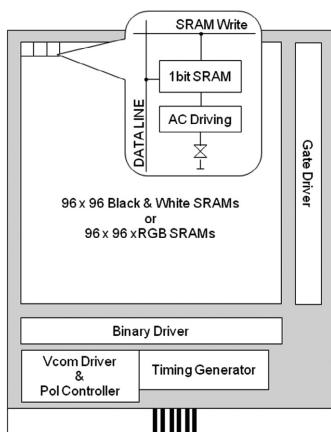


図1 1.35” 試作ディスプレイのシステムブロックダイアグラム

*1 CGシリコン

CGシリコンは、(株)半導体エネルギー研究所との共同開発成果物です。

圧が供給されているので、低周波駆動においても、電圧保持率の低下に起因する問題は生じない。ただし、駆動周波数が1Hz程度まで低下すると、不純物イオンが容易に移動し、電気二重層が形成される。形成された電気二重層は、PNLCに印加される実効電圧を低下させ、また、暗状態（電圧オン）から明状態（電圧オフ）に切替えたとき、液晶の緩和を阻害し、フリッカー並びに残像の原因となる。

PNLCの電気光学特性は、LC材料と、PN形状に強く依存する。そこで我々は、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、低周波駆動時のフリッカーと残像の発生を抑制することに成功した。

図4に、駆動周波数を1Hzで駆動させたときのディスプレイの表示例を示す。白黒ディスプレイとカラー・ディスプレイの明状態での積分反射率（d/8）は、それぞれ、50%と20%を超え、コントラスト比はそれぞれ10:1と5:1である。また、高温（70℃）と低温（-20℃）で1Hz駆動を500時間以上実施した後でも、フリッカーや残像などの表示不良は一切生じなかった。さらに、80℃、-30℃、疑似太陽光の下で500時間以上の保存試験を実施した後でも表示不良は生じなかった。

我々が開発したディスプレイの性能と、市場で入手可能な一般的なディスプレイの性能を比較した結果を表1に示す。本ディスプレイの積分反射率は、偏光板

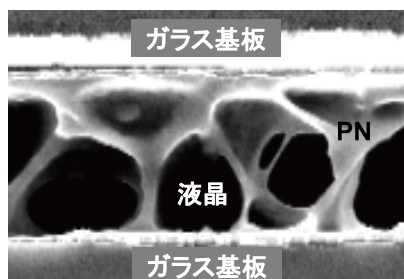


図2 PNLCのPN形状の断面電子顕微鏡写真

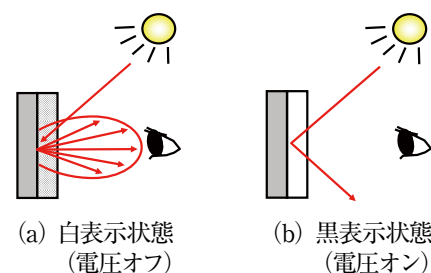


図3 表示原理図

を備えた従来型のRLCDよりも2倍高く、電気泳動ディスプレイよりも25%高い。消費電力は画像のコンテンツによって変化するが、本ディスプレイの消費電力は、一般的なモバイル用途で使用した場合、従来型のRLCDの1/60程度に減少し、また、電気泳動ディスプレイの1/3程度に減少する。更に、動画表示能力や幅広い動作温度などの特徴を有する。

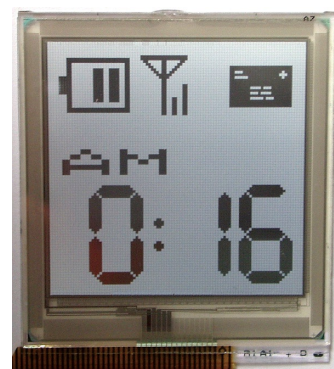
【まとめ】

PNLC層の電気光学特性はPN形状に強く依存するため、光重合層分離プロセスの制御が非常に重要である。我々は、PNLC材料組成と作製プロセスを最適化することにより、低周波駆動においても残像やフリッカーを抑制した視認性の高い反射型ディスプレイを開発することができた。

本ディスプレイはPNLC技術による明るい反射型表示と、画素メモリ技術による超低消費電力を実現し、多様な使用環境への適応性を持っており、先進エコロジー指向の新しいモバイル・ディスプレイとしての高い可能性を有している。

表1 表示方式による特性比較

表示方式	画素メモリ+PNLC		従来型RLCD	電気泳動
	(白黒)	(カラー)	(カラー)	(白黒)
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	<5V	15V
消費電力(書き換え周期)	10 μW (1Hz)	25 μW (1Hz)	2mW	30 μW (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



(a) 白黒ディスプレイ



(b) 8 bit カラーディスプレイ

図4 1.35" 試作ディスプレイの表示例