

電子ペーパーディスプレイ

坂本 道昭・松嶋 仁
佐藤 哲史・森 健一

要 旨

地球温暖化に伴い、環境にやさしく低消費電力の次世代表示媒体が求められています。NEC液晶テクノロジーは、この次世代表示媒体として、電子ペーパーに着目し、「独自の多階調表示技術」と「狭額縁技術」を付加して、マルチタイリング可能な電子ペーパーディスプレイを開発しました。本ディスプレイを複数組み合わせることで電子ペーパーの大画面表示を可能にします。今後、開発した電子ペーパーを用いて、電子掲示板などの中・大型電子ペーパーの市場開拓を行っていきます。

キーワード

●電子ペーパー ●電気泳動 ●E Ink ●マルチタイル ●消費電力 ●CO₂排出量

1. はじめに

電子ペーパーディスプレイは、電子ディスプレイの「動的に書き換え可能」という特長と、紙の「読みやすさ」を併せ持つ次世代の表示媒体です。NEC液晶テクノロジーは、早くから電子ペーパーの可能性に着目して研究・開発を重ね、この度、マルチタイル可能なA3サイズの電子ペーパーディスプレイと、それを複数同時駆動可能なマルチタイリング用コントローラーを開発しました。

2. 電子ペーパー技術

2.1 電子ペーパー素子

電子ペーパー素子とは、表示切替時にのみ電力を消費し、電源を停止しても表示が残る表示媒体であり、電気泳動型素子、電子粉粒体型素子、コレステリック液晶素子などがあります。弊社では、駆動電圧が比較的低く、TFT（薄膜トランジスタ）でアクティブ駆動できる、米国E Ink社製「Vizplexイメージングフィルム」を採用しました。本電気泳動素子は、ナノレベルの大きさの酸化チタンをマイナスに帯電させた白粒子とカーボンをプラスに帯電された黒粒子が、液体を封入したマイクロカプセル中に共存した構造をとっています。

本構造に電圧を印加することで、白粒子や黒粒子を上下に移動させて、画像表示を行い、高コントラストで紙の本のようになめらかな表示を実現しています。図1に示すようにTFT基板と組み合わせることで高精細な白黒表示が可能とな

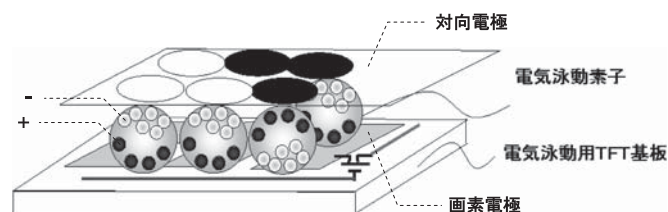


図1 電気泳動素子の概念図

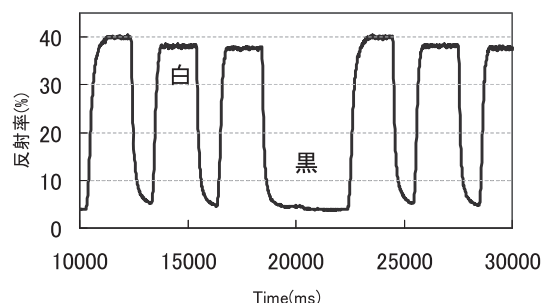
ります。すなわち、画素電極に黒電圧（+V）を、対向電極に0Vをかけることで、画素電極側にマイナスに帯電した白粒子が引き寄せられ、対向電極側にプラスに帯電した黒粒子が引き寄せられるので対向電極側から観察すると黒表示が得られます。同様に、画素電極に白電圧（-V）をかけることで、白表示が得られます。

図2（a）は対向電極に0Vを、画素電極に黒電圧あるいは白電圧を印加した反射率変化を示します。図2（b）は信号を停止した時の反射率の保持特性を示しています。

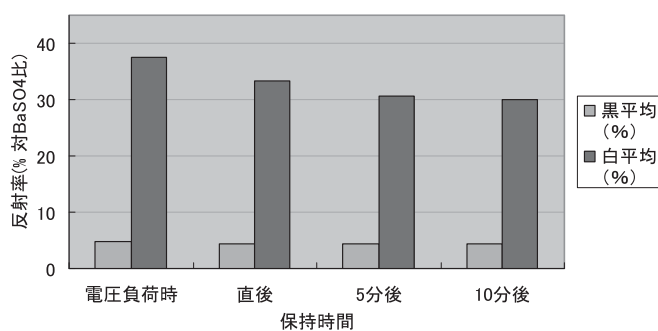
照明光としてスポット光を用いた場合、白反射率 37～40%（対標準白色板比）、コントラスト8～10となります。また、図2（b）では、白表示の平均反射率は10分後でもほとんど減少しないことが分かります。

2.2 電子ペーパー駆動技術

電気泳動素子はメモリ性を持つため、前画面が白（W）画面で、更新画面も白（W）画面の場合（W⇒W）、電圧をかける必要がありません。また、前画面が黒（B）画面で、更新



(a) 反射率



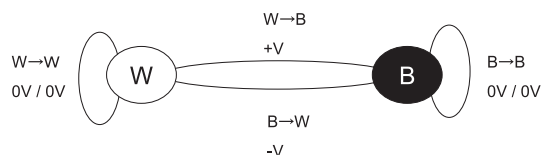
(b) 保持性能

図2 素子性能 (a) 反射率 (b) 保持性能

画面が黒 (B) 画面の場合 (B⇒B) も同様です。一方、前画面が白 (W) 画面で、更新画面が黒 (B) 画面の場合 (W⇒B) は、白電圧 (-V) を一定期間、画素電極にかける必要があります。前画面が黒 (B) 画面で、更新画面が白 (W) 画面の場合 (B⇒W) も同様に黒電圧 (+V) をかける必要があります。ところが、B⇒Wの場合は書き換えが行われるのでリフレッシュされた白反射率となり、W⇒Wの場合はリフレッシュしない白反射率となるので、若干の反射率差が生じ、W⇒W、B⇒Wの反射率差が前の画面の残像として見える場合があります。これを説明した図が 図3 です。前画面に白地に黒文字で“NLT”と表示され、更新画面で全白表示した場合、“NLT”領域だけが黒から白にリフレッシュされるため、ネガの残像が見える場合があります。

弊社では、このネガ残像を抑制するためにはW⇒Wの場合も、一定期間だけ白リフレッシュすることでW⇒WとB⇒Wの白反射率が同じになるよう駆動波形の調整と、信頼性を高めるような駆動波形の工夫を行いました。この結果、残像がな

【書き込みの仕方】



【白反射率の様子】

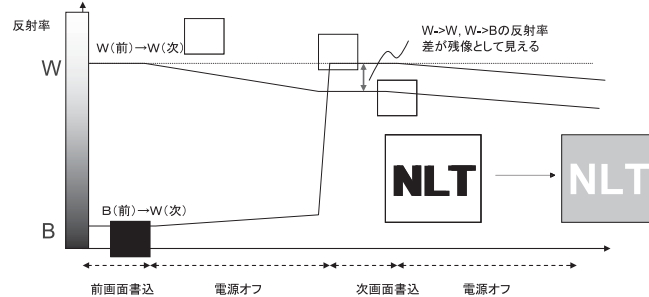
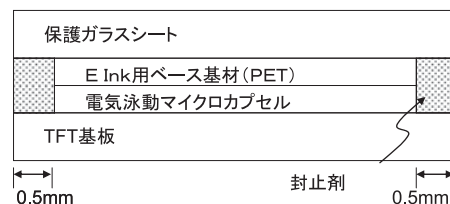


図3 残像発生メカニズム



A3 E Inkパネル断面図

図4 A3サイズ・電子ペーパーディスプレイ構造図

く、画面更新に違和感のない表示を実現しました。また、以上のような2階調表示技術を独自に拡張して16階調の多階調表示を実現しました。

2.3 マルチタイリング技術

(1) マルチタイリング用コントローラー

以上のような電子ペーパー用の駆動波形を実現するコントローラーをFPGAで開発しました。また、コントローラーを自社開発できるメリットを生かすため、マルチタイリング機能を内蔵させ、電子ペーパーパネルを最大8枚まで組み合わせさせて駆動できるようにしました。表示コントローラーは1,600×2,400画素サイズのフレームバッファを持ち、画素データを電子ペーパー用に適した画素データに変換した後、ルックアップテーブルを参照しながら、それぞれのパネル

に電子ペーパー駆動波形を出力します。このため、パネルがUXGA表示の場合は2画面分、SVGA表示の場合は8画面分の表示が可能です。

(2) 狭額縁化

弊社で実現したA3サイズ電子ペーパーディスプレイの構造を図4に示します。弊社保有のガラス貼り合わせ技術を用いて、保護シートとして薄型のガラスシートを用いました。更に透湿率の低い封止剤を選択することで、信頼性を保ちながら額縁を1.5mm以下に狭めることに成功しました。

3. 表示性能

3.1 パネル仕様

以上の技術を用いて実現したA3サイズ電子ペーパーディスプレイの仕様を表1に示します。

新開発の電子ペーパーは、弊社独自の駆動技術を用いるこ

とで、16階調のグレースケール表示、白反射率43%（対標準白色板比）、コントラスト比10：1を実現し、新聞を上回る階調表現力と視認性を確保しています。

更にマルチタイリング機能を有する弊社独自のコントローラーを内蔵し、本モジュールを組み合わせることで大型の表示装置として、利用することができます。

3.2 消費電力

本電子ペーパーはメモリ性反射型表示デバイスであるため、低消費電力で環境にやさしく、CO₂排出量が少ないという特長を有しています。本電子ペーパーを2枚組み合わせて28インチ（A2サイズ）相当で使った場合の消費電力及びCO₂排出量を表2に示します。

電子ペーパーの画像更新が10分に1回程度と仮定すると、同等サイズの液晶モニターに比べて、消費電力、CO₂排出量共に6,000分の1に削減できています。

表1 A3サイズ電子ペーパーディスプレイ仕様

項目	仕様
モード	電気泳動(E Ink)
サイズ	19.4インチ（表示サイズ395.2mm × 296.4mm）
額縁	上 6.7mm 下 0.5-1.0mm 左 1.5-2.0mm 右 0.5-1.0mm
解像度	UXGA(1,600×1,200)
白反射率	43%
コントラスト	10
階調	16階調
視野角	上下左右 180°
その他	独自開発コントローラー ①多階調, ②多画面同時駆動

表2 消費電力及びCO₂排出量

項目	30" LCD Monitor (400cd/m ²)	A2 (28") High resolution e-paper	
		(書き換え/保持= 5s/55s)	(書き換え/保持= 5s/595s)
Power consumption	150W	3W/0W	3W/0W
Total power 24h/365d	1,314kWh	2.19kWh	0.219kWh
CO ₂ emission (yr/pcs)	497kg	0.83kg	0.083kg

■CO₂排出量(kg) : 消費電力(W) × 駆動時間(hrs) × 電気使用量によるCO₂排出係数(0.378kg/kWh)

4. まとめと今後の展開

弊社は早くから電子ペーパーの可能性に着目して研究・開発を重ね、独自の電子ペーパー駆動技術や狭額縁化技術を開発してきました。今回開発したA3サイズ電子ペーパーモジュールでは、モジュール4辺のうち、2辺が1.5mm以下の狭額縁を実現し、マルチタイリング表示時の「継ぎ目」を小さくすることで、違和感を最小限にしながら、電子ペーパーの大画面表示を可能にします（図5）。今後、実証実験などを通じて屋外での信頼性データを蓄積しつつ、中・大型電子ペーパーの市場開拓を行っていきます。また、電子ペーパーのカラー化やフレキシブル化などの技術革新に取り組んでいきます。



図5 A3サイズディスプレイを2画面組み合わせた例

執筆者プロフィール

坂本 道昭
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
シニアリサーチャー

佐藤 哲史
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
主任

松嶋 仁
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
主任

森 健一
NEC液晶テクノロジー
研究本部
研究部
リサーチャー