

フラットパネルディスプレイ

Flat Panel Displays

あらまし

インターネットのブロードバンド化にともなって、扱われる映像情報が多彩になっている。その中で、表示デバイスの主力はCRTからフラットパネルディスプレイになりつつある。ディスプレイのフラットパネル化は1970年代に小型の液晶ディスプレイから始まった。その後液晶はパソコン用のディスプレイとして大きな市場をつかんでいる。最近になってPDPは大型化が容易であることから40型クラスの大型ディスプレイとして市場進出を果たした。

本稿では最新のフラットパネルディスプレイ技術として、PDP、フィールドシーケンシャルカラー液晶ディスプレイについて紹介する。

Abstract

When broadband Internet becomes widespread, there will be increased demand for high-definition, high-quality devices to clearly display not only still images but also moving video. Instead of cathode ray tube (CRT) displays, which have been the most widely used displays in the 20th century, flat-panel displays such as liquid crystal displays (LCDs) and plasma display panels (PDPs) are expected to emerge as key devices in the 21st century. The LCD has been used mostly for small-size displays on notebook PCs and mobile devices and has now partly replaced the CRT of desktop PCs, while PDPs are becoming increasingly popular for large-screen displays. This paper reports on advanced PDP and LCD technologies.



別井圭一（べつい けいいち）
ペリフェラルシステム研究所ディスプレイ研究部 所属
現在、PDP、LCDなどのフラットパネルディスプレイの開発に従事。

まえがき

電子ディスプレイにとって、20世紀はまさにブラウン管（CRT）の時代であった。現状でもディスプレイ世界市場6兆円のうちの2/3はCRTが占めている。CRTは電子デバイスの進歩、情報化社会の進歩に合わせてその性能向上を続け、市場の要求に応えてきた。CRTの特長は、自発光による広いダイナミックレンジ、電子線励起発光による高い発光効率、高速応答であり、現在でもこれらの特性に関してはほかのディスプレイを凌いでいる。一方、ICが未成熟の時代にはマトリクス駆動方式を取ることができないために、駆動回路が1系統で済むCRTは好都合であった。この特長はビームスキャン方式の映像形成によるものであるが、ビームスキャンに必要な体積がCRTの最大の欠点となっている。この10年で液晶、プラズマディスプレイパネル（PDP）などと新しいフラットパネルディスプレイが実用化された。とくに液晶ディスプレイ（LCD）は低消費電力、薄型軽量であるという特徴を生かして、小型の携帯用途、PCのモニター用途で大きな市場を形成している。フラットパネルディスプレイは独自の用途を開拓していくとともに、既存のCRTの市場の置き換えをねらって開発が進められている。2003年にもフラットパネルディスプレイの市場はCRTの市場を上回るという予測もある。

本稿では、フラットパネルディスプレイの最新技術、動向について紹介するとともに、主力になっているLCD、PDPの最新技術を紹介する。

フラットパネルディスプレイの開発動向

電子ディスプレイは画面サイズにより様々な技術が用いられている。ディスプレイの応用市場と用いられるディスプレイ技術について表-1にまとめた。ディスプレイの世界市場は2000年で6～7兆円規模であると言われ

表-1 ディスプレイの応用とディスプレイ技術

応用	対角寸法(型)	ディスプレイ技術
プロジェクタ	70以上	CRT LCD, DMD ¹
TV	30～60 15～30	CRT, 背面投射 PDP CRT LCD
PC	15～25 10～15	CRT LCD CRT LCD
PDA	3～5	反射型STN 透過型TFT ²
携帯電話	1～3	反射モノクロSTN カラーTFT

1) Digital Micromirror Device

2) Thin Film Transistor

ている。画面サイズの大きい方からデータプロジェクタ（70型以上）、テレビ（15～60型）、パソコン（10～25型）、PDA（3～8型）、携帯電話（1～2型）などが主要な応用市場を形成している。用いられている主な技術はCRTとLCDである。技術の変化に注目すると、CRTが主として用いられてきたパソコン用ディスプレイ、テレビ用ディスプレイ、プロジェクタの各分野で、LCDへの置き換えが進んでいる。大型TV用途は依然としてCRTが強いが、一方本稿でも説明するPDPが市場に参入している。PDAサイズ以下では消費電力の観点から反射型のSTN（Super Twisted Nematic）が用いられてきた。しかし小型ディスプレイで取り扱う映像品位の向上に伴い、高精細化、カラー化の要求が強くなり、より表示性能の高いバックライト付きの透過型TFT（Thin Film Transistor）液晶、あるいは有機ELなどに代表される新しいディスプレイの開発が進んでいる。

このように各種ディスプレイの応用分野でフラットパネルディスプレイが用いられるようになってきている。言い換えれば、フラットパネル技術の性能が向上したために、CRTの代替が進んでいるということになる。

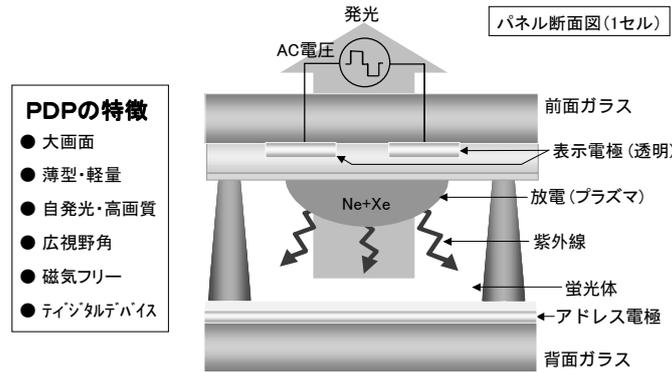
フラットパネルディスプレイ技術として現在開発が進められているものは、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイパネル（PDP）、有機EL、フィールドエミッションディスプレイなどがある。本稿では大型TV用途のPDPと小型応用が期待されているフィールドシークンシャルカラー方式の液晶ディスプレイについて詳しく解説する。

最新PDP技術

PDPの表示原理

PDPは1960年代より開発が始められた歴史の古いディスプレイである。当初はネオンガスの放電色であるオレンジ色のモノクロ型ディスプレイであった。1993年に世界で初めて21型のフルカラーディスプレイが富士通で開発された。PDPは簡単な構造で、しかも自発光型で表示性能が高いため、大型の壁掛けテレビとしての開発が進み、1996年に42型のディスプレイの量産が本格的に開始されている。AC型カラーPDPの表示原理を図-1に示す。現在実用化されているカラーPDPは3電極面放電構造と呼ばれている構造である。前面板に配置されている表示電極対に交流電圧を印加することによりネオンとキセノンの混合ガスを放電させる。その結果、発生する紫外線で背面基板側にある蛍光体を励起し赤、

● 赤、緑、青の微細な蛍光灯を敷きつめたパネル構造



PDPの特徴

- 大画面
- 薄型・軽量
- 自発光・高画質
- 広視野角
- 磁気フリー
- デジタルデバイス

図-1 AC型カラーPDPの発光原理
Fig.1-Operation principle of AC color PDP.

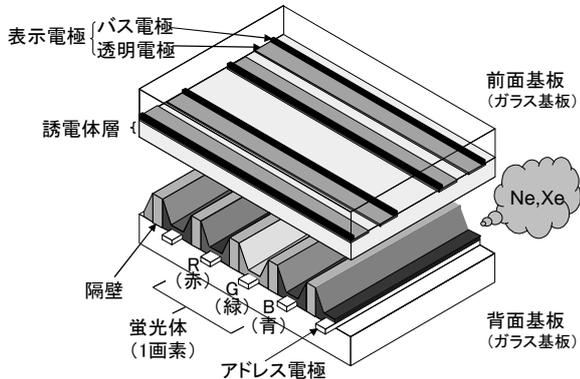


図-2 PDPの構造
Fig.2-Structure of PDP.

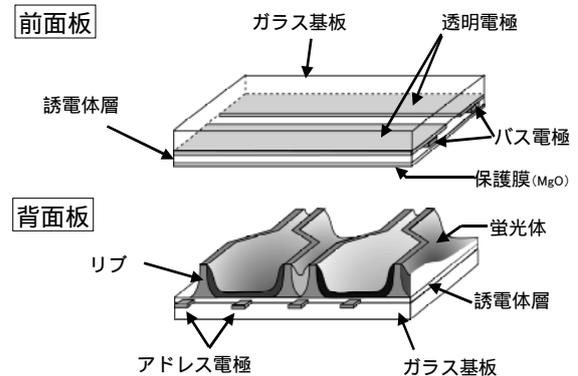


図-3 DelTAセルパネルの構造
Fig.3-Structure of DelTA cell PDP.

緑、青の発光色を得るデバイスであり、発光原理は蛍光灯とほぼ同じである。実際に量産されているカラーPDPの構造を図-2に示す。前面基板には表示電極対が平行に配置され、その表面は誘電体層で覆われている。一方背面基板にはアドレス電極、隔壁、および蛍光体層が形成されている。両者を組み合わせ、2枚の板の間をネオン+キセノンの混合ガスで満たす。表示電極対と隔壁で囲まれた部分が表示画素となる構造である。このように構造が簡単で、位置合わせも高い精度がいらないということが、大型パネルを作製する際には大変有利な特長になり42型の量産が可能になった。

2000年12月からBSデジタル放送が始まり、いよいよ本格的な高品位テレビHDTV (High Definition TV) の時代が始まった。PDPを高精細のHDTVに適用する場合、一つ一つの画素が非常に小さくなってしまい、輝度が不足する。輝度の不足はテレビ映像を表示した場合

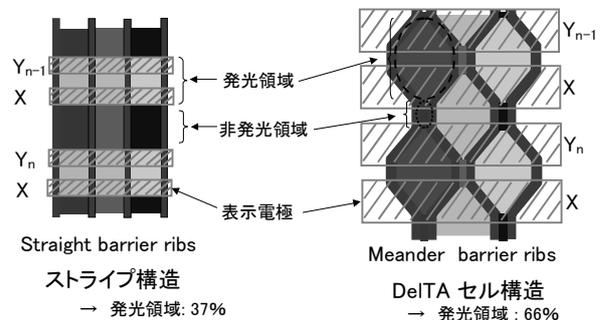


図-4 DelTAセルとストライプセルの比較
Fig.4-Comparison of stripe and DelTA structure.

には映像の迫力を著しく損なうことになり好ましくない。著者らは輝度・発光効率と精細度の両立を可能にする方式としてDelTA (Delta Tri-color Arrangement) という新しいセルの構造について検討を行った。

DelTA方式

現行のPDPは発光効率が1 lm/W程度と小さく消費電力が大きいと言われている。著者らは放電セルの開口率を高め、輝度・発光効率を改善した構造としてDelTAセル構造を開発した。DelTAセル構造のパネルの構造を図-3に、DelTAセル構造と従来のストライプセルの違いを図-4に示す。従来のセルは隣接画素間の放電干渉を防ぐために電極間に広い隙間を置いている。そのために実際の発光部分の面積の割合（開口率）は37%に過ぎない。これに対してDelTAセル構造はリブを蛇行させ、サブピクセルを互い違いに配置することにより大部分を発光エリアとすることができる。開口率は66%が得られた。画素間の放電は狭ギャップのリブの部分で分離している。図-5はDelTAセルのリブの走査電子顕微鏡写真である。幅の広い部分は0.53 mm、放電セルの分離を行う狭い部分で0.07 mmである。蛍光体がリブ側壁に十分に塗布されており、発生した紫外線から可視光への変換効率を高めている。また、各放電セルが完全に閉じていないために、パネルに放電ガスを充填するときはこの狭い隙間から排気充填が行われる。このセルによる実際の発光時の写真を図-6に示す。各画素が十分独立に点灯しているのが分かる。このパネルの発光効率は2 lm/Wが得

られた。また最大輝度として550 cd/m²以上の輝度（50%透過率のフィルタ透過後）が得られた。この結果は42型相当のCRTの結果を凌ぐものである。現在更に効率を改善中であり、液晶ディスプレイと同等の3 lm/Wも見通しが得られている。同じ効率の液晶ディスプレイと比較した場合には、PDPは自発光型のディスプレイであることから、よりダイナミックレンジの高い迫力のある映像表示ができることになる。このようにPDPは大画面の映像表示用ディスプレイとして最適である。

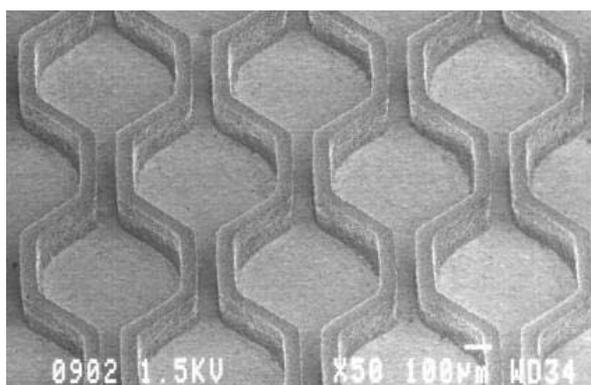
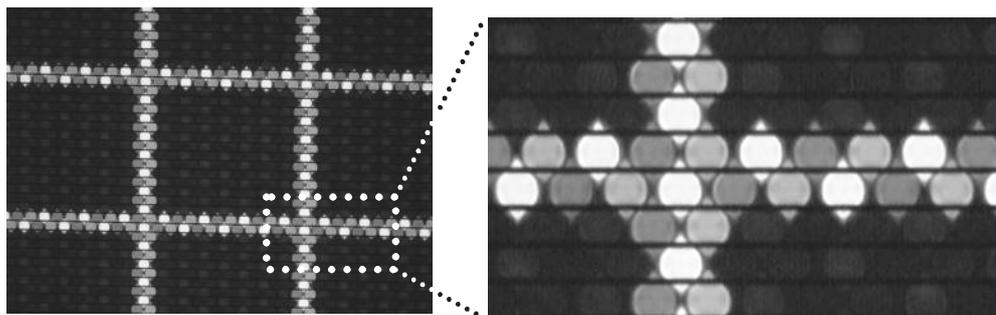


図-5 DelTAセルの電子顕微鏡写真
Fig.5-SEM image of DelTA cell.



Picture image



White cross line pattern

図-6 DelTA PDPの画像表示例
Fig.6-Display images of DelTA cell PDP.

今後テレビ放送のデジタル化とともに、ノイズの少ない高品位の映像が家庭に配信される。また、ネットワークのブロードバンド化に伴い放送媒体以外にも映像配信が始まる。そんな中でPDPはホームネットワークのインフォメーションウインドウとして中心的なデバイスとなると考えられる。

フィールドシーケンシャルカラー方式LCD

液晶ディスプレイの特徴

液晶ディスプレイは電卓・時計用の小型ディスプレイから市場を広げ、ノートPC用のカラーディスプレイとして確固たる市場を築いている。最近ではデスクトップ用PCのモニタとしてCRTの市場を奪いつつあり、さらに大型のものは一部TV表示用途のものに進出してきている。また新しい市場として携帯電話・PDAといった

小型・携帯用途がある。これまでは携帯用途のディスプレイは反射型のモノクロ液晶が用いられてきたが、携帯電話の用途の広がりからカラー化が進んできている。STN方式LCDから、より映像品位の高い表示が可能なTFTを用いたアクティブマトリックス方式のものに移りつつある。携帯用途の場合には特に低消費電力が求められる。消費電力の少ない反射型が主力である。しかしIMT-2000などによりブロードバンド化が進んでおり、コンテンツとして写真、動画などの割合が増えることが確実で、今後はパソコンと同じような画像品位が求められることになるであろう。著者らはこのような携帯・PDA用途の高品位ディスプレイとしてフィールドシーケンシャルカラー（FSC）方式の液晶ディスプレイの開発を行っている。

フィールドシーケンシャルカラー方式LCD

フィールドシーケンシャルカラー（FSC）方式のディスプレイの表示原理を図-7に示す。カラーディスプレイの多くは空間的に色の3原色（赤、緑、青）を表示し、これを空間的に混合することで、フルカラーの表示を得ている。これに対してFSC方式のディスプレイでは時間的に赤、緑、青の映像を順次表示し、時間的に混合することでフルカラー表示を得る。液晶ディスプレイでは、バックライトを時間的に、赤、緑、青と切り替えながら点灯させ、それに同期して、液晶パネルには対応する色成分の映像を表示することでFSC表示を得ることができる。FSC方式の液晶ディスプレイの構造を図-8に示す。RGB 3色のLED光源を用いたバックライト（通常の液晶は冷陰極蛍光管）を用いて、高速の色切替

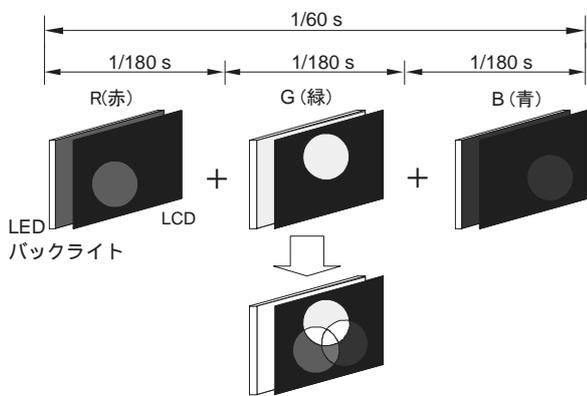


図-7 FSC-LCDの原理
Fig.7-Principle of field sequential color LCD.

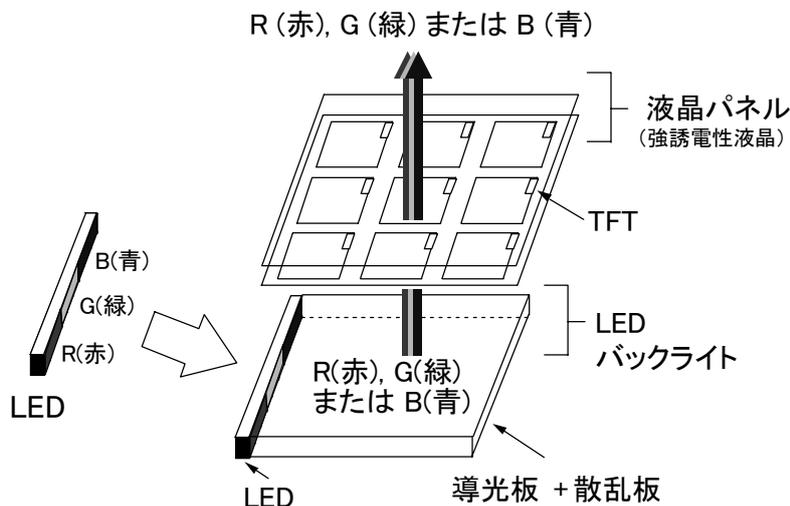


図-8 FSC-LCDの構成
Fig.8-Configuration of FSC-LCD.

えを可能にしている。一方、液晶ディスプレイ側は通常カラーフィルタ（CF）方式のように1画素を3分割する必要がなく、単純な構造である。FSC方式ではフレーム周波数は通常60 Hzなので色切替え周波数はその3倍の180 Hzとなる。このように通常の3倍の速度で画像を表示する必要があるために、液晶パネルに高速応答性が要求される。CF方式では応答性が不十分な場合でも動いている部分の表示が尾を引いたようになる程度であるが、FSC方式の場合には応答が不十分であると混色が発生してしまう。したがって応答時間として少なくとも2 ms以下であることが必要になる。このような高速応答は従来のTN（Twisted Nematic）モードを用いた液晶では不可能で、著者らは強誘電性の液晶材料を用いている。強誘電性の液晶と通常の液晶の違いを図-9に示す。通常の液晶は長軸方向と短軸方向で誘電率が異なり、電界を印加すると誘電率の大きい長軸方向が電界方向と平行になる。その結果、光学的な特性が変化し像が表示される。一方、強誘電性の液晶では、液晶分子自身が自発分極を持っている。通常自発分極は電界方向と平行になっている。電界の方向を反転させることで、自発分極と外部電界の間で回転トルクが発生し、その結果として液晶分子が回転し表示状態を変える。通常の液晶が誘電分極と外部電界の間の作用なのに対して、強誘電性

の液晶では自発分極がはじめから存在する。そのため分子に与えるトルクは大きく、その結果として高速応答が可能になっている。また通常の液晶で用いられているTNモードは液晶分子の方向が大きく変化するのに対して、強誘電性の液晶の場合には図に示すように、液晶分子は面内にわずかに方向を変えるだけである。液晶分子が大きく方向を変えないことから、視野角の問題が生じにくいという特長がある。また、画素の3分割が必要ないために、同じ技術を用いることで3倍の高精細化が可能である。現在アモルファスシリコンTFTを用いた液晶パネルの画素ピッチは0.25 mm程度であるが、FSC方式の場合には同じ大きさの画素を用いることで容易に0.1 mm以下の画素ピッチが達成できる。さらに一つの画素が大きいため、開口率（画素内で光が透過する面積の割合）が大きい。カラーフィルタがあると通常はバックライトの光の1/3しか有効利用できないが、FSC方式ではすべてを有効利用できる。以上のように、FSC方式は高精細、高効率のパネルが可能であり、表示容量の大きい小型パネルに向いている。

実際に小型パネルを試作した。サイズは3.2型、画素数はVGA（640×480）であり、画素ピッチは0.1 mmである。このパネルの表示例を図-10に示す。応答の速い強誘電性液晶を用いたことにより、動画なども混色な

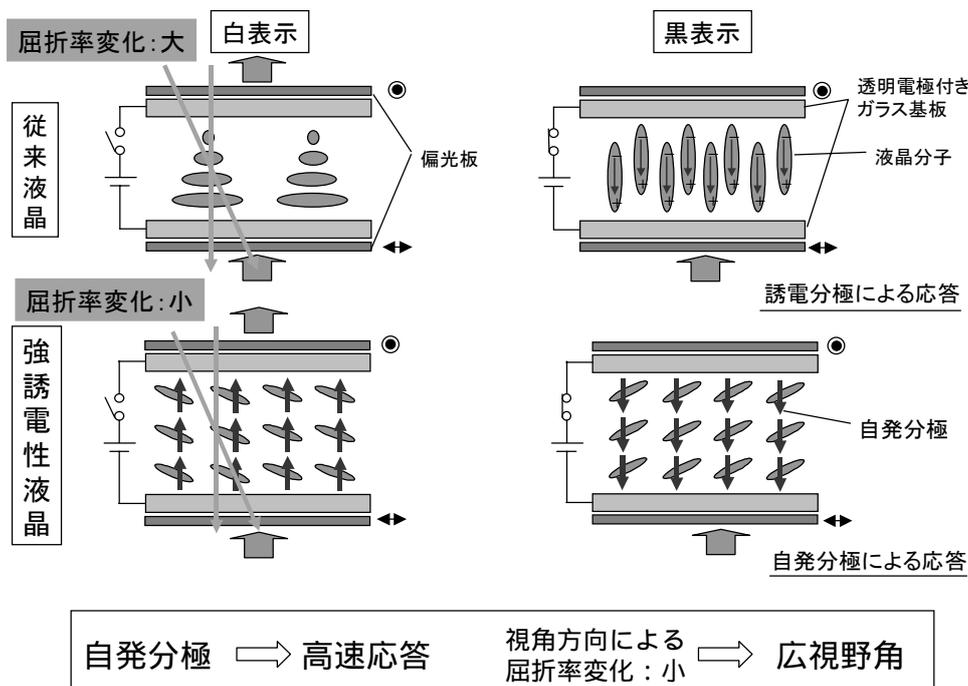


図-9 強誘電性液晶
Fig.9-Ferroelectric LCD.



3.2 inch VGA(640×480画素)

図-10 プロトタイプが表示例
Fig.10-Display image of FSC-LCD.

く安定な表示が可能であった。また色純度の高いLEDをバックライトとして用いているために、CRT以上の色再現範囲が得られた。

む す び

開発中のフラットパネルディスプレイの例としてプラズマディスプレイパネルとフィールドシーケンシャルカラー方式の液晶ディスプレイについて紹介した。PDPは自発光型であり、ダイナミックな映像表現が可能であり、今後大型の壁掛けテレビとして市場を大きく広げていくと考えられる。一方、従来のカラーフィルタタイプの液晶ディスプレイに代わる表示方式であるフィールドシーケンシャルカラー方式のディスプレイは、高精細で

高品位の表示が可能であり携帯用途などの小型のディスプレイを中心に応用されていくと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 篠田博：カラープラズマディスプレイ．応用物理，Vol.68，No.3，p.275（1999）．
- (2) O. Toyoda et al.：A High Performance Delta Arrangement Cell PDP with Meander Barrier Ribs．IDW '99 Digest，p.599，1999．
- (3) T. Yoshihara et al.：A 254-ppi Full-color Video Rate TFT-LCD Based on Field Sequential Color and FLC Display．SID 2000 DIGEST，p.1176，2000．