プラズマディスプレイ

Plasma Display

1960年生。1986年岡山大学工学部修士課程卒。現在、(株)富士通研究所にて、プラズマディスプレイの研究開発に従事。

粟本 健司
Kenji Awamoto

◀キーワード：PDP，プラズマ，ディスプレイ，放電，発光，表示

1. まえがき

薄型大画面のマルチメディアディスプレイの本命として期待されるプラズマディスプレイ(以下 PDP)は、1996年の42型フルカラーPDP 製品化以来、表示性能が改善され、最近では CRT を凌ぐ画質が得られるまでになった。PDP は当初、主に公衆表示向けであったが、2001年からは32型 HDTV^{*}製品の発売をきっかけに家庭向けが大きく伸び、PDP テレビとして本格普及の段階にきている。2002年はワールドカップサッカーの追い風もあり、各 PDP メーカーとも出荷台数を大幅に伸ばした。今後量産効果による一層の価格低下も予想され、一般家庭にとってより身近なものになると期待される。

PDP は、基本的な構造と動作の違いから、DC 型¹⁾と AC 型に大別されるが、現在カラーPDP として製品化されているのは AC 型のみである。本稿では、AC 型カラーPDP の基本原理と基本技術を解説する。また、最近の PDP 高性能化術について報告する。さらに、今後の技術開発課題について述べる。

2. PDP の原理と特徴

2.1 PDP の発光原理と基本構造

カラーPDP の発光原理を図1に示す。カラーPDP では、放電から出る紫外線を蛍光体にあて、可視光を発生させてこれを利用する。気体に電圧を加えると放電が発生し分子が電子、イオンに電離する。電離した電子やイオンは紫外線を放出してエネルギーを失う。カラーPDP では主として Xe の共鳴線である147nm や Xe の分子線である173nm の紫外線を発生させている。紫外線はパ

図1 カラーPDP の発光原理

(a) 二電極対向放電型 (b) 三電極面放電・反射型

図2 カラーPDP の基本セル構造

ネル内に形成された赤、青、緑色の蛍光体に衝突し、励起して可視光を発生する。

AC 型 PDP の原理は1960年代に開発されたが、当初は図2(a)に示すような対向する二電極間で放電を起こさせる方式であった。この構造は、放電によるイオン衝撃のために蛍光体の寿命が短いことと、放電面に直接蛍光体があるため、画素ごとの放電がばらつき、動作不安定なことから実用化されなかった。その後、1980年代に入り三電極面放電型の構造を開発することで、蛍光体の劣化を防ぐことに成功し、寿命問題に目処が立った²⁾。このセル構造を図2(b)に示す。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ガス放電させ、紫外線を発生させる。その紫外線により背面基板側にある赤、緑、青の蛍光体を励起発光させ、反射方向に出てくる可視光を利用する反射型構造である。各蛍光体を分離し混色を無くす目的で、隔壁(リブ)を形成し、リブ側面にも蛍光体を塗布する。蛍光体が増加した分輝度は増加し、さらに蛍光体を透過せずに可視光をそのまま取り出すので、輝度の減衰がない。また隔壁側面への蛍光体塗布が広い視野角をもたらした。

実際に量産されているカラーPDP の構造を図3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、リブ、および蛍光体層が形成されている。両者を貼り合わせ、ネオン+キセノン混合ガスを封入する。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。液晶ディスプレイ(以下 LCD)と比較して TFT のような能動素子が無く、電極と隔壁のみという単純構造であるため製造プロセスも短く大型パネルを製造しやすいという特徴を持つ。

^{*} High Definition TV：高精細 TV として720p(走査線720本のプログレッシブ表示)および1080i(走査線1080本のインターレース表示)の2つが標準化されている。日本の BS デジタル放送では1080i が使われており、一般にハイビジョンと呼ばれている。

図3 カラーPDPのパネル構造

図4 ADSサブフィールド法による階調表示

2.2 PDPの駆動方式

駆動方式としてADS（Adress Display Separation）サブフィールド法が開発され、階調表示性能が大幅に向上した³⁾。AC型PDPは図2に示したように、電極が誘電体層で覆われているため、放電により生じたイオンと電子は、誘電体表面に印加電圧を打ち消す極性に蓄積される。この表面電荷は壁電荷と呼ばれ、キャパシタに電荷が保持されたのと同様なメモリー機能をもたらす。PDPは基本的にパルス発光の有無の2値表示しかできないため、発光パルス数にて階調を制御する手法が必須である。上記メモリー機能を最大限に利用し考案されたのが、ADSサブフィールド法である（図4）。

PDPは通常のテレビと同様に1秒間に60フィールドの絵を表示する。1フィールドをさらに8サブ・フィールドに分割し、1, 2, 4, 8, ..., 128の輝度重みをつけることで256階調を実現する。また、ADS法は表示データに応じて壁電荷を書き込む期間（アドレス期間）と実際にパルス発光する期間（表示期間）を分離し、全ラインのアドレス動作を終えたのち、全面素同時に表示発光を開始するものである。これにより、アドレス動作が単

純化され、アドレス時間が大幅に短縮された。結果として1フィールド内のサブフィールド数を増加させ、フルカラー表示を実現できるようになった。アドレス時間は、現在では放電ばらつき低減や壁電荷制御技術の進歩により、1ライン当り1.5 μ sまで高速化されている⁴⁾。

PDPでは、表示される階調データは発光パルス数に変換されるため、アナログ信号が介在する部分が無い。PDPはデジタルデバイスであり、デジタル映像との親和性が良いという特徴を持つ。

PDPの駆動の特徴として、画像ソースや電力消費に応じた表示輝度制御がある。PDPは自発光型のディスプレイであることから、よりダイナミックな表示ができる発光パルス数制御手法が開発されている⁵⁾。最近のPDPでは、表示率（全白表示に対する輝度比率）が小さい時のピーク輝度が1000cd/m²（前面フィルタ透過後400cd/m²）に達し、CRT並の高輝度が得られている。

TV画像の表示率は、多くの場合20～30%程度しかないが、画面中の明るい部分についてはきらめき感を出すために高いピーク輝度が必要となる。自発光型のPDPでは、表示率が小さいときは明るい部分に電力を集中させ、ピーク輝度を大きくすることができる。LCDでピーク輝度を大きくする場合、バックライト全体の発光量を大きくする必要があり、消費電力が増大する。自発光型であるPDPはより有効にダイナミックレンジの広い表示が行えるため、LCDよりもTV表示用途に向いていると言える。

3. 最近の高性能化技術

3.1 高精細化技術

最初の42型PDPの画素数は852 $\times$ 480であったが、情報表示はVGAからXGAへ、TVはデジタルHDTVへと高精細化の方向が明らかであり、高精細化技術が求められた。まず高精細PDPモニターとして、25型SXGAが開発された。対角25インチ、画素数1280 $\times$ 1024であり、画素ピッチ0.39mm、セル寸法0.13mmと、42型の約1/3と細かい。従って、この小さなセル寸法を実現するリブ形成技術が大きな課題であった。形成法として、従来のサンドブラスト法を改良し、リブ幅40 μ m、高さ100 μ mの技術を確立した。図5にサンドブラストによるリブ形成例を示す。

25型SXGAパネルの表示輝度は150cd/m²であった。従来のセル構造を踏襲したサイズ縮小であったため、放電空間が狭くなり、表示輝度も低下した。しかし、HDTV用途では、走査線数が増加しても、輝度の確保は必須である。これを解決するために考案されたのが、ALIS（Alternate Lighting Surface Method）方式のPDPである⁶⁾。

図5 高精細リブ

図6 ALIS方式の原理

図7 デルタセル PDP

3.2 ALIS 方式プラズマディスプレイ

ALIS 方式は、これまでの PDP がプログレッシブ駆動（順次走査）であったのに対し、インターレース駆動（飛び越し走査）である。動作原理を図6に示す。従来は1ペアの電極を表示1ラインに対応させていた。隣接する表示ライン間には、放電を分離するために非表示部を設けてある。ALIS 方式では、この非表示部も表示に使う。したがって、電極数が同じであるにもかかわらず、表示ライン数が二倍になる。表示は、まず奇数ラインの電極ペアが表示され、その次のフィールドで偶数ラインが表示に使用され、合わせて倍のライン数の画像が映し出される。非表示部がないため画素が大きく、高輝度化できることが特徴である。また、表示ライン数の半分の表示電極と駆動回路で済むほか、アドレス動作も表示ライン数の半分で済む。このため回路コストを増やすことなく HDTV 表示を実現できる。42型 ALIS 方式 HDTV 向け PDP は現在、1000cd/m²の高いピーク輝度を実現している。

3.3 高輝度・高効率化の技術

高輝度・高効率化のためには表示セルの開口率向上が必要である。高開口率を得る手法としては、前述の ALIS の他、BOX 型リブ⁷⁾、ミアンダ型リブ⁸⁾がある。BOX 型は非表示側の電極間隔をリブで隠すことで、不要な放電を防ぎ、非表示部分を最小限に狭める構造である。

ミアンダ型リブの PDP (図7) は、三色のセル配置が三角形であることから、デルタセル PDP と呼ばれる。非

表示側の電極間隔部のリブ間隔を狭めることで、不要な放電を抑制し、非表示部を最小限に狭める構造である。リブ狭窄部は、縦方向の放電干渉を無くすることができるが、隙間を残すことでパネルの排気・ガス封入プロセス、および蛍光体塗布プロセスを容易にしている。

デルタセル PDP の、セル配置から得られる大きな特徴として、垂直解像度の向上がある。表示電極500ラインのデルタセル PDP は、走査線1000本の高精細表示ができるように解像度変換処理を行うことができる⁹⁾。これは、デルタ配列では1ラインピッチの半分のピッチでサブピクセルが配置され、半ピッチ単位でライン表示制御できることを利用している。

デルタセルでは、さらに六角形のセル形状と組み合わせた場合に、表示放電が最適となるように電極形状を工夫し3.1 lm/W という高効率化を達成している¹⁰⁾。通常のストレートリブや BOX リブでは、1セルの放電空間はかなりの縦長形状となる。これに対しデルタセルでは、放電空間が円に近く、リブによる抑制効果を受けにくい放電形状が可能であり、高効率化が得られている。

3.4 色再現範囲の拡大

HDTV 表示には画面の精細度とともに、高い色再現範囲が要求される。PDP の表示色純度は CRT に比較しこれまで十分とは言えなかった。これは放電ガスに含まれるネオンが放電の際に585nmのオレンジ色の光を発することが原因である。これにより特に青色のセルで色純度を低下させていた。一方、赤色の蛍光体は短波長側

(a) フィルタ透過率特性

(b) 色再現範囲

図8 前面フィルタによる色補正

にも発光スペクトルを持つため、赤の色座標もオレンジ方向に劣化していた。これらの色純度低下を補正し、十分な色純度を得るために特殊な吸収スペクトルを持つ前面フィルタが開発されている¹¹⁾。図8(a)にこのフィルタの透過特性を示す。585nm付近に強い吸収帯を持つ有機色素により不要光を吸収する。これによりネオンのオレンジ色発光、および赤蛍光体の色純度補正を同時に行い、高い色再現範囲を得ている。図8(b)に示すように、このフィルタによりPDPの色再現範囲はCRTと同等以上まで拡大した。

4. 今後の課題

初期のPDP製品に比べ、近年PDPの画質はCRTに比べ遜色ないレベルに達している。このためPDPに対する市場の要求は、低電力化と低コスト化に向かっている¹²⁾。

低電力化のためには、発光効率向上が第一である。高効率のデルタセルでは製造プロセス技術の確立が課題となっている。最近の開発においては、放電ガス中のキセ

ノン(Xe)濃度を高め、紫外線強度を上げる手法が検討され、一部製品に搭載されるようになってきている⁷⁾。高Xe濃度化では駆動電圧上昇対策が課題となっている。発光効率向上には蛍光体の輝度改善も重要である。ただし蛍光体は輝度向上だけでなく、現状3万時間程度といわれている寿命の改善も重要である。

PDP生産台数は2001年で約17万台であり、毎年台数倍増が見込まれ、メーカー各社は本格的な量産工場立上げや生産能力増強に着手している。現状では各社、現行の製造ラインを大きく変えない範囲で低コスト化の模索を続けているが、大幅な製造コスト削減のため、新しい材料・プロセスの開発・導入が課題である。例えば、ナノ粒子の銀インクを用いたインクジェットプリント法による電極形成¹³⁾などがある。今後はこのような次世代工場向け新技術の提案が増えて来ると考えられる。

5. あとがき

カラーPDPの基礎技術から、最近の高性能化技術の開発までを述べた。研究開発レベルでは、PDPの発光効率化は3 lm/Wを超えるものが報告されるようになった。数年以内に3 lm/W程度の技術が製品搭載されると考えている。こうなると、PDPは40型クラスの画面サイズでも200W程度と、CRTよりもかなり小さい消費電力で済むようになり、CRTからの置き換えが促進される。

PDPはフラットパネルディスプレイであると同時に、CRTと同じく自発光型ディスプレイでもある。ピーク輝度を出し易くダイナミックな表示ができるため、大画面でリアリティのある感動的な映像を得ることができる。PDPは、デジタル放送時代のHDTV表示に最適なディスプレイであると共に、今後ブロードバンドネットワークの普及に沿って、リアリティある情報伝達が可能な家庭の映像情報ウィンドウに発展してゆくと考えている。

参考文献

- (1) J. Koike et al.: "Long-Life, High Luminance 40-in. Color DC PDP for HDTV", ASIA Display 95 Proceedings, pp.943-944 (1995).
- (2) T. Shinoda et al.: "Logically addressable Surface Discharge ac Plasma Display Panels with a New Write Electrode", SID 84 Digest, pp.172-175 (1984).
- (3) 篠田傳ほか: AC型PDPの高階調化の基礎検討, テレビ学技報 EID 91-97, pp.13-18 (1992).
- (4) K. Sakita et al.: "High-speed Address Driving Waveform Analysis Using Wall Voltage Transfer Function for Three Terminals and Vt Close Curve in Three-electrode Surface-discharge AC-PDPs", SID01 Digest, pp.1022-1025 (2001).
- (5) M. Kasahara et al.: "New Drive System for PDPs with

Improved Image Quality : Plasma AI”, SID99 Digest, pp.158-161 (1999).

(6) Y.Kanazawa et al. : “High-Resolution Interlaced Addressing for Plasma Displays”, SID99 Digest, pp.154-157 (1999).

(7) C. Koshino et al. : “New High Luminance 50-inch AC PDPs with an Improved Panel Structure using “T”-shaped Electrodes and “Waffle”-structured Ribs”, IDW01 Proceedings, pp.781-784 (2001).

(8) O. Toyoda et al. : “A High Performance Delta Arrangement Cell PDP with Meander Barrier Ribs”, IDW99 Proceedings, pp. 599-602 (1999).

(9) K. Takayama et al. : “Development of a New Picture-Adaptive Control Technique for High Definition PDP with the

Delta Tri-color Arrangement Cell Structure”, IDW01 Proceedings, pp.789-792 (2001).

(10) Y. Hashimoto et al. : “High-Luminance and Highly Luminous-Efficient AC-PDP with DelTA Cell Structure”, SID01 Digest, pp.1328-1331 (2001).

(11) K. Irie et al. : “A Color Enhanced PDP with Advanced Color compensating Filter”, IDW00 Proceedings, pp.1173-1174 (2000).

(12) H. Murakami and K. Kurita : “Recent Developments and Future Requirements of TV Picture Images for Color Plasma Displays”, SID02 Digest, pp.936-939 (2002).

(13) M. Furusawa, et al. : “Inkjet-Printed Bus and Address Electrodes for Plasma Display”, SID02 Digest, pp.753-755 (2002).

研究報告書頒布のお知らせ

報告書名：オフィス照明の質的評価研究調査委員会 JIER-067

第1部 オフィス照明の質の考え方

1. はじめに
2. デザインとオフィス照明の質
3. 研究とオフィス照明の質
4. 統合とオフィス照明
5. まとめ

第2部 オフィス照明の質に関する調査

1. はじめに
2. オフィス照明の認識に関する面接調査
 - 2.1 調査の背景と目的
 - 2.2 面接調査の概要
 - 2.3 オフィス照明の位置づけ
 - 2.4 被験者間差異と属性間差異
 - 2.5 ネットワーク図の作成
 - 2.6 カテゴリーに見る属性間差異
 - 2.7 まとめ
 - 2.8 資料
3. オフィス照明の質的評価のためのアンケート調査
 - 3.1 はじめに
 - 3.2 コンジョイント分析による調査
 - 3.3 順位付けによるオフィス照明構成項目に対する重要度評価
 - 3.4 オフィス照明の質の評価式
4. まとめ
おわりに

編集：平成12年9月

印刷：平成12年9月

発行：平成12年9月

A4判 83ページ（2色刷）

頒布価格：会員価格：2000円（税別）

非会員価格：2500円（税別）

送料 170円

申込方法：必要事項（書籍名、部数、住所、氏名、電話番号、FAX番号）をご記入の上、事務局へお申し込み下さい。

社団法人 照明学会 事務局

〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-8-4

電話 03-5294-0101 FAX 03-5294-0102