2. 表示デバイスの省電力化技術

2-1. プラズマディスプレイの高画質・省電力化技術の進歩

村井隆一[†], 打土井正孝[†]

キーワード ● Plasma Display Panel, Power Consumption, Resolution, High Contrast, Xe Gas

1. ま え が き

PDPの研究開発は1963年に開始され、1964年イリノイ大学で今日の基盤技術となるメモリー機能を利用した放電制御方式が発明された¹⁾。その後、日本を中心に研究開発が進められ1990年代後半に、当社をはじめ複数社から40インチクラスのPDPが発売され、今日の大画面薄型テレビの流れを作った。

自発光により得られる高画質と、大画面の良さが受け入れられ、大きな市場に発展してきた。当初は、「PDPは、当面普及が見込まれるが、消費電力大、高精細化困難」との経済産業省の報告書²⁾があり、PDPに懐疑的な見方があった。しかし、実際に家庭で消費される電力(年間消費電力)の測定方法が標準化³⁾されるに至って、画面サイズが同じであれば、消費電力はLCDと同等であることが認識された。「高精細化が困難」であることに対しては、着々と進められた研究開発の結果、2007年には42インチを超えるサイズで高精細なフルHD(以降FHDと表記)の商品化を達成し、表示性能と環境性能の向上を中心に開発が進められている。

PDPの高画質化と省電力化は、双方ともに高輝度化・高効率化技術を介して密接に関係するため、ここでは、ここ数年の高画質化(3章)と省電力化(4章)の取組みについて解説する。

2. PDPの原理

PDPは、小さな気体放電管を多数平面配置して、特有の強い非線形性を示す電流電圧特性を利用した、デジタル駆動表示装置である。図1にその斜視図を示す。

前面基板と背面基板には、高歪み点ガラス⁴⁾が用いられる。前面基板上には、透明電極とバス電極、さらに電極上に誘電体層、MgO膜が形成される。MgO膜は、誘電体の

図1 PDPの構造

プラズマへの耐スパッタ性を向上させ、同時に低電圧での放電を可能としている。背面板には、書き込み電極、誘電体層、誘電体層上に隔壁、さらに隔壁間には蛍光体膜が形成される。

発光は、前面板の電極間にパルス状の電圧を印加して、ガス放電(主に、Ne-Xeの不活性ガスを用いる)を起こし、発生した紫外線(147nm, 173nm)を蛍光膜により可視光に変換し行う。

画像表示は、各画素での発光回数の制御により行い、「サブフィールド法」と呼ばれる各テレビフィールドを発光回数の異なるサブフィールドに分け、画素ごとに各サブフィールドでの点灯、非点灯を放電で制御することにより行っている。

3. 高画質化

高画質を実現するために下記の要件が必要となる。

- (1) 階調再現性
- (2) ノイズ感
- (3) 解像度(静止画・動画)
- (4) 色再現性
- (5) 明るさとコントラスト(視野角依存性)

これらの特性をあらゆる環境下で高品質に実現すること

[†] パナソニック株式会社 AVC社 映像・ディスプレイデバイス事業グループ PDP先行開発グループ

"Power Saving Technologies for Display Devices; Recent Progress in PDP Technologies for High Picture Quality and Low Power Consumption" by Ryuichi Murai and Masataka Uchidoi (Panasonic Corporation, Osaka)

が、高画質化のために求められる。

高階調再現性やノイズ感の低減は、サブフィールド制御や画像処理技術の進歩によって実現し、さらに高い目標に向かって開発が進められている。色再現性は、すでにハイビジョン規格を満足し、しかもあらゆる視角において実現している点に優位性を有している。

ここでは、特に重要な高解像度化と、高コントラスト化について述べる。

3.1 解像度と動画解像度

一般には、ディスプレイの画素数のみが解像度を決定するような誤解があるが、実際はそう単純な話ではない。解像度には、静止画時と、動画時の特性について議論する必要がある。

つまり、静止画の解像度と動画時の特性の両方が充分でない限り、解像度が高いとは言えない。事実、XGAクラスの解像度のPDPが、応答の遅いFHDクラスの他のディスプレイよりも動画における解像度が高い例もある。

静止画の解像度を定める画素数(精細度)は、PDPのワイドVGA(852×480)、ハイビジョン表示可能なワイドXGA(1366×768)へと進化してきた。

FHD(1,920×1,080)の画素数は、当社では、42インチ～103インチのFHDをここ数年で実用化し、充分な高精細度を達成している。150インチでは、4倍の精細度(4,096×2,160)のパネルを開発し、2008年1月のCES(Consumer Electronics Show, 米国)で展示し、大好評を得るなど、更なる高精細化も進んでいる⁵⁾。

次に、動画時の解像特性について述べる。現状では動画時のディスプレイの解像特性は統一した指標で定量評価されていない。これまでに動画によって引き起こされる「ぼやけ」が、デバイスの持つ応答性能と、ホールド型などの駆動方式による要因の重ねあわせであることがわかっており、この動画特性の評価は液晶業界を中心に検討されてきた。いわゆる「応答速度」では限界があり「MPRT」と呼ばれる新しい評価手法が提案されてきた経緯である⁶⁾。ところが、PDPに対してはこの手法を用いても適切な値にならないことがわかっている。それは、発光の波形(時間特性)が液晶と異なるからである。例えば、立下り波形は蛍光体発光の指数関数的な時間変化であり、得られる数値よりも、エッジがすっきりとして動画の視認性が高い。したがって、PDPとしては、デバイスの種類に影響されず動画性能を正しく評価する別の手法を編み出す必要があった。

そこで、動画像においてディスプレイがどれだけの解像能力を有しているかを直接評価する、動画解像度という考え方が考案された。

具体的には、解像度チャートのような解像度を測るためのパターンを動かして、どこまで解像できるかを評価する。PDPはもちろん、原理的にはどのようなディスプレイにも適用できる。この方法は、次世代PDP開発センター(以降

図2 PDPの駆動波形

図3 初期化時の発光信号

APDCと表記)を中心に検討され、評価法として提案されている⁷⁾。

本評価法による当社の42インチFHDの動画解像度は、1,080本を実現している。PDPは、静止画の解像度に較べて動画解像の劣化が小さいディスプレイである。これは、PDPが高速の放電発光で画像表示していることに由来している。PDPにおいては、一つずつの発光の時定数(蛍光体の特性)を改善することや、駆動法を工夫することで、さらに動画解像度を向上させることが可能である。

3.2 高コントラスト化技術

現在では、30,000:1の高コントラスト化が達成されている。これは、2001年に当社が開発したリアルブラック技術により、コントラスト550:1→3000:1に向上させた技術に端を発している。以下、コントラスト向上技術について説明する。

PDPの典型的な駆動波形を図2(a)に示す。各サブフィールドは、初期化期間、書込み期間、維持期間から構成される。これらの期間のうち、コントラストに関係するのは、主に初期化期間である。初期化期間の放電の強さを、近赤外線発光で測定した結果を図3に示す。初期化期間では、表示画像に関係なく発光し黒表示の輝度を決めている。

初期化による発光をいかに抑えるかが、コントラスト向上の方策となる。初期化による発光を抑える方法は、

- (1) 初期化の回数を減らす

(2) 初期化1回あたりの発光を低減させる
が考えられる。

当初は、図2 (a) に示すように、全サブフィールドに高い波高値を持つ初期化を入れていたため、初期化による発光が約 0.5cd/m^2 あった。図2 (b) に示すように、高い波高値を持つ初期化の回数を1回に削減する駆動方式を開発し、 0.1cd/m^2 以下の発光に抑えることが可能となった。

(2) に関しては、

(a) 新保護膜 (4節参照) により放電開始電圧を低減させる方法

(b) 強放電を回避するために新たな電子放出 (層) を設ける方法 (4章参照)^{8) 9)}

(c) 初期化波形の工夫により初期化での発光を抑制する方法

などが提案され、実現されている。

これらの要素技術をうまく使いこなし、更なる高コントラストを実現し、PDPの強みである低階調での表現力を、さらに向上させていくことが可能である。

4. 省 電 力 化

PDPがテレビとして使用される場合の消費電力は、LCDと肩を並べるところまで来ている。しかし大型化に伴って電力が増加するのに加え、環境に対する関心の高まりから、いっそうの電力低減が求められている。

PDPでは、特にFHD化などで画素ピッチが小さくなると放電の効率が低下する。これは、放電空間の表面積が放電空間に対して占める割合が増大し、放電空間を取り囲む側壁へのエネルギー拡散が大きくなるためである。画素ピッチと放電効率の関係については、レーザー吸収法によるプラズマ解析や、コンピュータシミュレーションによって明らかにされてきている。放電によって生じたキセノン励起原子、主にXe ($1s_4$)、Xe ($1s_5$) の2種類については、レーザー吸収法により時間空間的挙動が明らかさにされている^{10) 11)}。

これら基礎研究による効率向上のメカニズム解明や、技術開発により、現行42インチHD商品の放電効率は、当初製品の約2倍まで向上している。過去5年間の効率向上は、主に放電ガスのXe分圧の増加で達成されてきた (紫外線発光量増加)。しかしXe分圧を増加させると、駆動電圧上昇による無効電力の増加、放電遅れによる放電制御の困難などの新たな課題が発生する。Xe5%を基準とした電圧上昇の様子を図4に示す。

このため、

(1) 低電圧化による無効電力低減、回路ロス低減

(2) 放電の制御性の向上 (放電遅れの解決)

(3) 別な手段での放電効率向上

が必要である。

(1) の低電圧化の手段として、保護膜材料の開発が行われている。MgO保護膜については、成膜法の検討や、Si、

図4 Xe分圧と電圧上昇の関係

図5 電子放出層の形成された前面板

Geなどのドーピングが検討されている。

保護膜材料開発のもう一つの流れとして、従来、唯一使用されてきたMgOに代わる新材料開発がある。NHK放送技術研究所により、MgOに比べて約30V電圧を低減可能なSrCaO材料の開発が報告されている¹²⁾。

その新材料による電圧低減は、Xe分圧の増加と組合せることで、現行と同等電圧でありながら約30%の効率向上を達成できることが示された。

(2) の放電制御性の向上に関わる、電子放出層の進歩について述べる。電子放出層は、図5に示すように、一般に通常の保護層の上に、放電により励起され時定数の長い電子放出を行うMgOの単結晶の層として形成される⁹⁾。時定数の長い電子放出により、常に放電開始に必要な電子を放電空間に存在させることができる。この空間中の電子がブライミングとなって高速で安定な放電が実現可能となった。これにより、3章で述べた高コントラスト化はもとより、高効率の高Xe分圧の放電ガスを実用的に駆動できるようになった。

(3) の放電効率向上の報告例としては、APDCが小型パネルで 5.7lm/W 、43インチHDで 3.5lm/W の効率を達成している。

技術の詳細は明かしていないが、2009年のCESでは、42インチFHDで消費電力1/3のPDPを展示し、商品レベルでの低消費電力化に、一層の加速ができる技術基盤が整ってきた。

5. 環境にやさしいテレビづくり

前項で述べたような省電力化技術により、PDPの省電力化に加えて、今まで熱として消費されていたエネルギーが小さくなることで、放熱対策の部材(放熱フィン、電子部品など)や電源も小型、軽量化が可能となった。これらの技術等を展開して2009年のCESでは、8.8mmの「超薄型PDP」を展示した(現在販売されている代表的PDPセットの奥行きは、90~100mm)。

超薄型PDPの実現は、その使用材料・消費電力の低減のみならず、包装や輸送における環境負荷の低減を可能とする。

環境に配慮したその他の取組みとして、PDPでは2006年よりすでに、鉛フリーを実現している。さらに内部配線については、塩化ビニール樹脂の使用廃止を実現しており、完全廃止に向け代替技術開発、品質、安全評価に取組んでいる。

このように環境負荷低減に向けた多岐にわたる取組みを行っている。

6. む す び

42インチから103インチのFHDの商品化をすでに終え、150インチでは4K×2Kの精細度を達成するなど、PDPにとって苦手と言われていた高精細化を達成した。PDPの画質のよさを高める30,000:1を超える高コントラスト技術など、画質もどんどん進化している。また、APDCの成果や新材料の研究を含め、省電力化の面でも新しい技術が次々に生み出されている。これらの技術は、研究のフェーズから、商品化に向けた開発のフェーズへと移行しつつある。高画質と低消費電力の技術を一層進歩させ、省電力・薄型軽量PDPを実現し他のディスプレイとの厳しい競争を勝ち抜いていこうとしている。

(2009年1月30日受付)

〔文 献〕

- 1) D.L. Bitzer, H.G. Slottow: "The Plasma Display Panel-A Digitally

Addressable Display with Inherent Memory", Proc. Fall Joint Comput. Conf., 29, pp.541-547 (1966)

- 2) 経済産業省技術環境局技術調査室: "ディスプレイ市場の今後について", 技術調査レポート第1号, 2002年2月21日
- 3) 経済産業省: "電気機械器具品質表示規程の一部を改正する告示", 告示第241号, 2006年8月1日
- 4) 中尾泰昌: "PDP用ガラス材料", 化学工学, 62, 11, pp.671-673 (1998)
- 5) H. Ashida, T. Murakoso, Y. Wada, M. Okawa, T. Yamamoto, T. Ando, N. Kimura, S. Ikeda: "Development of World's Largest (150-in. Diagonal) Advanced High Definition PDP", SID Symposium Digest, 34, pp.476-479 (2008)
- 6) 栗田奏市郎: "動画表示に求められる性能と最近の技術動向", 月刊ディスプレイ, pp.6-11 (Apr. 2006)
- 7) APDC: "動画解像度測定システムを開発", 2007年1月10日, http://www.advanced-pdp.jp/news/j_01.html
- 8) H. Ajiki, Y. Negoro, S. Kitazawa, K. Mogi, Y. Shiozaki, K. Yahagi, E. Otani, H. Taniguchi, S. Iwaoka, N. Saegusa and K. Amemiya: "High Luminous Efficiency and Low Black Luminance AC PDP with Address Space Separation Cell Structure", IDW '06, 1789 (2006)
- 9) S. Jinno, M. Kitagawa, A. Fuse, C. Koshio, S. Iwaoka, K. Amemiya, S. Matsuda: "Development of 50-in. Diagonal Full HD (1920x1080) PDPs", SID 06, 147 (2006)
- 10) K. Tachibana, K. Mizokami, N. Kosugi, T. Sakai: "Three-Dimensional Diagnostics of Dynamic Behaviors of Excited Atoms in Microplasma for Plasma Display Panels", IEEE Trans. Plasma Sci., 31, pp.68-73 (2003)
- 11) 村上由紀夫: "スーパーハイビジョンに向けた超高精細PDPの開発", 月刊ディスプレイ, pp.11-17 (Nov. 2005)
- 12) Y. Motoyama, T. Kurauchi: "SrCaO Protective Layer for High-Efficiency PDPs", SID Symposium Digest, 37, pp.1384-1387 (2006)

村井 隆一 (むらい りょういち) 1983年, 大阪大学大学院工学研究科博士課程前期修了。1988年, パナソニック(株)入社。以降, 平板CRT, PDPの研究開発に従事。

打土井正孝 (うちどい まさたか) 1976年, 大阪大学大学院理学研究科博士課程前期修了(高分子)。2008年, パナソニック(株)入社。以降, PDPの開発に従事。