カラープラズマディスプレイ技術開発 の現状と将来展望*

篠田 傳**

The Current Status and Future of Color Plasma Display Panel Technologies / Tsutae SHINODA

Key words: plasma display panel, color, HDTV, flat panel display, discharge, phosphor, three electrodes

1. ま え が き

プラズマディスプレイパネル (PDP) は対角 100 cm (40 インチ) の壁掛けテレビを実現した。PDP は自発光型で美しい画像表示ができ、大画面化が容易であるなど他のデバイスにはない特長を持っている。対角 50 cm (20 インチ) から 180 cm (70 インチ) までの大画面表示装置として最も期待されるフラットパネルディスプレイである。現在、厚さがわずか 10 cm 程度の大画面ワイドプラズマテレビが実用化され、プラズマ壁掛けテレビが家庭に広く普及するのも間近である。さらにマルチメディア時代には、コンピュータやインターネット等の技術と組み合わせられて壁掛けマルチメディアディスプレイとして、新しい世界をひらくと期待されている。ここでは、筆者らが開発し現在壁掛けテレビが量産されている AC 型カラー PDP 技術の開発の歴史と現状、および将来展望について述べる。

2. カラー PDP の開発経過

AC 型 PDP は 1966 年にイリノイ大学で発明された。AC 型カラー PDP の開発はモノクロタイプのそれと同じイリノイ型の対向型の構造から始まった。しかし、この構造では放電中に発生するイオン衝撃のために蛍光体が短時間に劣化し輝度が低下する寿命の問題と、放電面に直接に蛍光体が形成されるために安定動作が保持しにくいといっ

た問題が発生し実用できないと思われていた。この問題を解決するために面放電型によるフルカラー PDP の検討を行い、カラー PDP の研究の新しい方向を開いた¹⁾。面放電型では一方の基板上に放電を発生させる電極を形成し、もう一方の基板上に蛍光体を形成する。この構造の採用により蛍光体を高いエネルギーで直接に衝撃するイオンがなくなり、また蛍光体は放電を発生させる基板上に形成しないために安定な放電特性が実現できた。しかし、実用には更に改善を重ねることが必要であった。

実用化の構造的なポイントは、3 電極面放電構造の導入である²⁾。この構造は 1984 年の SID で公開し、実用化するまでにはさらに次のような改善を進めた。

- (1) 表示電極に透明電極を採用し発光する蛍光体を表示電極側から直接に観察する反射型の採用、
- (2) 長寿命ガス (Ne+Xe 混合ガス) の採用、
- (3) アドレス電極側のみストライプのリブを形成し、赤、青、緑の蛍光体をこれに沿ってストライプに形成する簡単な構造の導入。

3 電極構造と反射型構造を採用して初めて 1989 年に株価表示用の対角 50 cm (20 インチ) の 3 色カラー PDP を実用した³⁾。次に対角 53 cm (21 型) のフルカラー PDP の開発を進めた。この結果、性能、生産性の問題を解決できるカラー PDP の構造が固まった⁴⁾。

フルカラー表示を実現するために、アドレス・表示期間分離型サブフィールド法 (ADS 法) という新しい階調駆動法を提案した⁵⁾。この方式の採用により 8 サブフィールドの高階調表示が可能となった。この最終的な構造と駆動方式は AC 型カラー PDP のスタンダード技術になっている。これらの結果、1992 年に実用した 21 型 PDP の写真 (図 1) と仕様を示す。このようにして 26 万色で映像を表示できるカラー PDP が可能となった。さらにこの技術は 42 型にも応用され、現在大画面の壁掛けテレビが実用さ

* 原稿受付 平成 11 年 12 月 21 日

** (株)富士通研究所 ペリフェラルシステム研究所 (明石市大久保西脇 64)
広島大学工学部電子工学科卒、修士。「2 次電子放出の研究」、1973 年富士通入社、プラズマディスプレイパネルの研究、特にカラー化の研究に従事、カラー PDP の基本構造、基本的駆動法の開発

図1 初めてのフルカラープラズマディスプレイ (1992年)

項目	性能
表示領域	422 mm×316 mm
横縦比	4 : 3
画素数	640 (R, G, B)×480
画素ピッチ	0.66 mm×0.66 mm
表示色	260 000 色
輝度	180 cd/m ²
視野角	>160°
消費電力	100 W _{max}
重量	4.8 kg

図2 3電極面放電カラーPDPのパネル構造

れ、50型のHDTVも製品化されるなど大画面カラーPDPの開発が相次いだ⁶⁾⁷⁾。

3. AC型カラーPDPの基礎技術

3.1 作りやすいAC型フルカラーPDPの構造

図2にストライプリブ、ストライブ蛍光体、片側リブの現在の標準的な構造を示す。互いに相対して対をなす表示電極群(X, Y)が、ガラス基板上に形成されている。これらの電極は透明電極と透明電極の電気抵抗による電圧低下を防ぐためのバス電極とからなる。これらの表示電極は、誘電体層で被覆され、さらに薄いMgO保護層で被覆される。もう一方の基板には、ストライプ状のアドレス電極が形成される。さらに、アドレス電極に隣接するように隔壁が形成される。次に各隣接リブごとに赤、青、緑の蛍光体がアドレス電極を被覆するように塗り分けてある。電極基板と蛍光体基板は約100 μmのギャップを保って組み合わせられる。このように実用したフルカラーPDPは簡単な構造となった。

3.2 製造工程

カラーPDPの製造工程も21型PDPの開発により確立された。透明電極はITOまたはSnO₂が採用されている。バ

ス電極はCr/Cu/Crなどが採用されている。表示電極はPbOを主体とした低融点ガラスで被覆される。更に、基板の周囲に低融点ガラスのシール層を形成し焼成する。MgOの保護層はシール部分の内側の表示領域に真空蒸着法で形成される。こうして前面基板が完成する。

背面基板はその一角に排気、ガス封入用の直径1 mm程度の穴を形成する。背面基板表面にはアドレス電極が形成される。アドレス電極は印刷法や薄膜技術によりAg, Cu/Cu/Cr等が使用されている。アドレス電極はさらに誘電体層で被覆される。誘電体層の上のアドレス電極間にバリアリブが形成される。バリアリブ材料は低融点ガラスであり、印刷法、サンドブラスト法などで形成されている。この後、赤、青、緑の蛍光体層が印刷法で形成される。蛍光体はアドレス電極上の誘電体層上とリブの壁面に形成される。この後、基板のシール部が形成され、焼成される。このようにして背面基板が完成する。

これらの、完成された前面基板と背面基板は組み合わせられ融着されて、基板間には放電ガスが封入される。

このように、プロセスもほぼ完成された厚膜印刷技術、薄膜技術からなり、大型化が容易で量産性に優れている。PDPはリブの形成、蛍光体、ガスの排気封入工程が従来のデバイス技術とは異なった特徴的なプロセスであり、今後更に改善が進み大きく変わる可能性がある。

3.3 階調駆動方法

HPTVの目標仕様である256階調などの高い階調を実現するために、新しく表示期間とアドレス期間を分離した高速階調駆動法(アドレス・表示期間分離型サブフィールド法, ADS法)が開発された。図3にADS法の原理を示す。ADS法は1秒間を60個のフレームで構成し、さら

図3 256階調を実現するADSサブフィールド法

項 目	性 能
表示領域	920 mm×518 mm
横縦比	16 : 9
画素数	852 (R, G, B)×480
画素ピッチ	1.08 mm×1.08 mm
表示色	1 677 万色
輝 度	300 cd/m ²
コントラスト	400 : 1
視野角	> 160°
消費電力	300 W
重 さ	18 kg

図4 42型カラー PDP の性能（富士通，1996年）

に1フレームを8つのサブフィールドに分け、各サブフィールドの輝度の相対比が1:2:4:8:16:32:64:128になるように表示のための印加パルス（維持パルス）数を設定する。各サブフィールドの点灯、非点灯を表示輝度のデータに従ってコントロールし、8つのサブフィールドの組合せで256階調表示を実現するものである。ADS法は全画面にわたり時間的に共通のアドレス期間と表示期間に分離していることに特徴がある。すなわち、アドレス期間には表示データに従って1ラインごとにスキャンして微小放電を発生させパネル全域の表示セルに壁電荷を蓄積する。その後で表示期間に全面に同時に維持パルスを印加する。そうすると、アドレス期間に壁電荷が形成されているセルに放電が再起して表示される。アドレス期間に印加するパルスは狭くできるために1ラインあたり3 μ s以下という非常に短い期間で駆動できた。

4. 大画面カラー PDP の開発

21型カラー PDP の技術は、さらに42型に適用され大画面のカラー PDP を実用するとともに50型クラスも適用されている。図4に42型カラー PDP の表示例と仕様を示す。42型は対角107 cm（42インチ）、横852ライン、縦480ラインと縦横比16:9の表示仕様を持っている。さらに表示輝度300 cd/m²、コントラスト比400:1、視野角160°以上、表示色1 677万色とCRTに匹敵する性能を持ち、フルカラー PDP は普及段階に入っている。本項では特に大画面カラー PDP のために開発された技術を紹介する。

42型は約1 m²の面積の中に放電セルを精度良く配置させる必要がある。従来使用していたソーダライムの基板ガラスや現状の印刷技術によるリブ形成は、寸法精度と生産性の良いプロセスの構築が難しい。すなわち、カラー PDP の誘電体層や隔壁などは約600°Cで焼成することが必要である。ソーダライムガラスは歪点が510°Cとプロセス温度に比較して低いために熱収縮のばらつきが数百 μ m 程度発生し、電極とリブ間の目合わせが困難であるなどの問題が発生した。このため、100°C程度歪点温度が高い高歪点ガラスを採用し、熱収縮を50 μ m 程度に抑える

ことができた。一方、リブの形成は寸法精度の高いフォトリソグラフィ技術を用いたサンドブラスト法を採用した。これらの技術の開発により約1 m²の広い面積の中に均一性の良いリブ、電極などの形成が可能になった。

5. 高解像度カラー PDP の開発

42型カラー PDP の完成はTV用途としてのPDPの実用を可能にした。さらに、PDPが標準技術として発展するには高解像度化が必要である。この技術の完成によりWS, HDTV用PDPの技術が完成する。そこで、次の技術として25型SXGA（1280×1024ドット）の開発を進めた。25型PDPのサブピクセルピッチは0.13×0.39 mmである。従来、最も精細度の高いカラー PDP のサブピクセルピッチは21型カラー PDP の0.22×0.66 mmであった。開発の主要な課題は、高精細度化パネル技術の開発と1000本の表示スキャンラインをプログレッシブで駆動する技術の開発の2点であった。高精細度化パネル技術では、リブ形成技術、動作マージンを確保するための電極設計を進めた。従来のサンドブラスト技術を更に改善した。サンドブラスト条件、粒子の最適化により幅30 μ m、高さ130 μ mのリブ形成が可能になった。蛍光体の形成は従来の印刷条件の改善で可能になった。この結果、130 μ mピッチのストライプのサブピクセルの配置が実現した。一方、放電領域が微細になったため、隣接放電ドット間の結合が大きくなり、動作マージンの低減と駆動電圧の上昇が問題となった。セルの設計条件の最適化と消去アドレス駆動法の採用により駆動電圧を21型PDP並みにし、十分な動作マージンを実現した。消去アドレス法とは画面全体に電荷を形成した後、表示に使われないサブピクセルの壁電荷を消去して、電荷が残っているセルだけに放電を持続させて表示する方法である。この方法は、従来の書込みアドレス法に比較して、高速な駆動に適している。この結果、1.5 μ s/スキャンラインのアドレススピードでも十分な動作マージンの確保が可能となり、図5のようなSXGAのモニタ表示装置が可能になった。

6. 最新の話題の技術

6.1 HDTV 技術

現在、50型の768本のプログレッシブ操作（順次走査方式）のHDTV（High Definition TV）PDPが開発されている。しかし、768本と走査線数が増えると、アドレス時間が従来の480本の2倍近く必要で、表示期間に使える時間が短くなり、明るい表示には不利となってきた。この

項 目	性 能
駆動方式	ALIS 方式
画面サイズ	922 mm(H)×522 mm(V)
画素数	1 024(H)×1 024(V)
画素ピッチ	0.9 mm(H)×0.51 mm(V)
表示色	1 677 万色
輝 度	500 cd/m ²
コントラスト	250 : 1 (暗室)
消費電力	250 W _{max}

図5 42型高解像度パネル（富士通）

ために、パネルを上下に2分割し、2画面を同時に駆動するダブルスキャン方式が採用されている。この方式は、アドレス駆動用に2倍のICが必要となる。しかし、同時にアドレス電極の浮遊容量の低減が図られLSIの高集積化は楽になり、そのまま2倍のコストアップにはならない。これに対して、基本的にインタレース方式（飛び越し走査方式）で、データの書き込み回数を減らし、アドレス時間を半分にして、デュアルスキャンと同じ表示期間が取れるALIS法（Alternate Lightening Surface Method）が開発された。これらの技術によりピーク輝度500 cd/m²、消費電力250 Wと高解像度にもかかわらず、高い輝度が実現された（図5）。このようにしてPDPはHDTVに対してプログレッシブとインタレースの2種類の方式を実現した。

6.2 高輝度・高発光効率化技術

従来PDPはピーク輝度が出せないため、CRTのような輝きの表現が難しいとされていた。最近これを克服するプラズマAI技術⁸⁾が発表された。これは、負荷率が小さい場合は階調数を減らして表示期間を長くしてピーク輝度を出す方法である。また、発光効率の改善には、2 lm/Wのミアンダリブ構造を持つPDP⁹⁾が発表された。更に、ワッフル構造を持ち従来の20%効率が改善される構造¹⁰⁾などが発表された。3電極面放電のなかでもセル構造にかかわる改善が検討されつつあり、新しい効率改善のうねりが感じられる。

7. 今後の技術的な課題

カラーPDPはこれまでの発展ではばCRTに近い画質を実現した。また、消費電力も40型以上を前提にするとCRT並みといえる。しかし、PDPには例えばホームシアター用途のように、家庭に高性能の美しい画質を提供することが求められており、CRTを凌駕する画質でなければならない。また、40から70型（対角100から180 cm）の大画面PDPが各家庭に普及しても、それが数百Wの消費電力になるようでは21世紀のエネルギー、環境問題に対応できない。このためには発光効率の向上により消費電力の小さい大画面カラーPDPを実現しなければならない。

い。現在の2倍の2~3 lm/Wが実現されればCRTを凌駕する輝度、消費電力を実現できる。この段階がPDPのこれからのターゲットである。さらに、PDPが最終的に目指すデバイスの形態は、額縁のような薄形軽量である。この場合は、5 lm/W程度が望まれる。この結果、21世紀のエネルギー問題に耐えるPDPの姿になると思われる。

8. ま と め

カラーPDPの基礎技術の開発の歴史から現状と将来についてまとめた。対角107 cm（42型）をはじめとした大画面PDPの市場が大きく拡大しようとしている。大きく期待されているテレビだけでなく、多くのPDPが情報表示用に使われている。先日ベルリンで開かれたIFA 99では200枚以上のPDPが展示され各種の応用が示され驚いたのは筆者だけではない。このように、4~5年前に予想できなかったような用途がひらけつつある。21世紀にはインターネットで結ばれた多くの大画面壁掛けPDPが私たちの周りに設置され、それを通して世界の人と人が結ばれる時代が来る。その中で、新しい価値を持ったPDPが標準ディスプレイデバイスとして社会に貢献するように成長することを期待している。

文 献

- 1) T. Shinoda et al.: Surface Discharge Color AC-Plasma Display Panels, Late News in Biennial Display Research Conf., (1980).
- 2) T. Shinoda and A. Niinuma: Logically Addressable Surface Discharge Plasma Display Panels with a New Write Electrode, SID 1984 Digest, (1984) 172.
- 3) T. Shinoda, M. Wakitani, T. Nanto, K. Yoshikawa, A. Otsuka and T. Hirose: Development of Technologies in Large-Area Color AC-Plasma Displays, SID 1993 Digest, (1993) 161.
- 4) S. Yoshikawa et al.: Full Color AC Plasma Display with 256 Gray Scale, Japan Display '92, (1992) 605.
- 5) 篠田 傳, 脇谷雅行, 吉川和生: アドレス・表示期間分離型サブフィールド法によるAC型PDPの高階調化, 電子情報通信学会論文誌, C-II, J 81-C-II, 3 (1998) 349.
- 6) T. Hirose, K. Kariya, M. Wakitani, A. Otsuka and T. Shinoda: Performance Features of a 42-in.-Diagonal Color Plasma Display, SID 96 Digest, (1996) 279.
- 7) 布村恵史: 33型, 42型カラープラズマディスプレイの開発, NBC技報, 49, 10 (1996) 3.
- 8) M. Kasahara, I. Ishikawa, T. Morita and S. Inohara: New Drive System for PDPs with Improved Image Quality, SID '99 Digest, (1999) 158.
- 9) O. Toyoda, T. Kosaka, F. Namiki, A. Tokai, H. Inoue and K. Betsui: A High Performance Delta Arrangement Cell PDP with Meander Barrier Ribs, IDW '99 Digest, (1999) 599.
- 10) T. Komaki, H. Taniguchi and K. Amemiya: High Luminescence AC-PDPs with Waffle-Structure Barrier Ribs, IDW '99 Digest, (1999) 587.