III. プラズマディスプレイ

キーワード

フラットパネルディスプレイ, カラーディスプレイ,
ハイビジョン, 蛍光体, 厚膜印刷技術

内 池 平 樹

広島大学 工学部

1. ま え が き

1993 年は、カラー液晶ディスプレイの開発が著しく進展して、ラップトップあるいはノード型コンピュータ用ディスプレイとして、カラー液晶ディスプレイの量産化が確立した年として記憶されるであろう。このため、プラズマディスプレイが最初に実用化されたフラットパネルディスプレイであり、ラップトップ型コンピュータに搭載された数量が液晶ディスプレイをしのぐ時期があったことを知る人も少なくなってきた。

しかし、カラー液晶ディスプレイに対する巨額の投資による研究開発でも、対角 20 インチ以上のカラー液晶ディスプレイを短期間で実現する見通しがたっていない。また、注目を集めている投写型のカラー液晶ディスプレイも、光源の寿命を 1 万時間以上にして一般家庭用として普及させることは相当難しいように思われる。1993 年には対角 14 型の平面 CRT が市販され、注目されている。しかし、平面 CRT の画面の大きさを、対角 20 型よりも大きくすることには本質的で困難な問題が存在している。

すでに試験放送が開始されている我が国におけるハイビジョンに対する放送体制および、これに対する受信体制の整備は世界中で抜き出ている。この結果、その普及を支えるための大画面のディスプレイの実現が強く望まれている。この大画面ディスプレイに対するフラット化への強い願望に加えて、最近の我が国における経済状況、特に AV 関連の生産の低下に対して、TV 受像機用ディスプレイの薄型化に対する要求が急速に高まってきた。そのため、ここにきて TV 用大画面ディスプレイとして、対角 1 m 程度の表示面積を得意とするカラープラズマディスプレイに対する期待が高まってきている。

このようなとき、1992 年広島で開催された「ジャパンディスプレイ'92」で富士通から発表された対角 21 型の AC 形フルカラープラズマディスプレイが、1 万時間以上の寿命を実現して 1993 年から市販され、少量ではあるが家庭用 TV 受像が可能なユニットとして市販され始めた⁽¹⁾。このフルカラープラズマディスプレイの実用化は、この分野の研究開発に従事するものの長年の願望が実現さ

れたものとして高く評価されている。

2. プラズマディスプレイの特長

放電に伴う発光現象をディスプレイに利用しているプラズマディスプレイは、①印加電圧と輝度の間の極めて鋭い非直線性、②メモリ機能、③ハイビジョン表示可能な高速応答性、④CRT と同等以上の色純度の紫外線励起による蛍光体からの発光、⑤高輝度・高発光効率、の特長をもっている。特に、①のプラズマディスプレイのもつ鋭い非直線性は、TFT 液晶ディスプレイのようなアクティブ素子を用いなくても高コントラスト表示を可能にする。したがって、プラズマディスプレイは高密度・大画面化に極めて有利な特性を本質的にもっている。

プラズマディスプレイは、電極の構造から放電空間に金属電極が露出している DC 形と金属電極が誘電体材料で覆われている AC 形の方式がある。DC 形プラズマディスプレイは、AC 形プラズマディスプレイのような本質的なメモリ機能をもたないが、駆動方式を工夫することによりメモリ機能を付加することができる。大面積のディスプレイの実効的な面輝度を高くすることに、メモリ機能が極めて有効である。

プラズマディスプレイでは、モノクロで Ne+Ar あるいは Ne+Xe、カラーでは He+Xe のペニング混合ガスが用いられる。ペニング混合ガスの成分である少量の Xe や Ar は、放電開始電圧を低下させるために重要な働きをしている。プラズマディスプレイのカラー化には、Xe から放射される 147 nm の真空紫外線による蛍光体からの励起発光を利用する方式が採用されている。すでに、カラー CRT と比較して、同等以上の優れた色純度の RGB の発光特性を示すカラープラズマディスプレイ用蛍光体

赤色: $(Y_xGd_{1-x})BO_3:Eu^{3+}$

緑色: $BaAl_2O_9:Mn$

青色: $BaMgAl_4O_{23}:Eu^{2+}$

が開発されている。NHK 放送技術研究所の公開におけるカラープラズマディスプレイの実演は、プラズマディスプレイの優れた色純度を良く実証している。ここにきて、赤色および青色の輝度が十分でない EL との間に際だった優劣が生じてきている。Photonics Technology 社の対角 1.5 m の AC 形プラズマディスプレイは、継ぎ目なしの 1 枚もののフラットパネルディスプレイとしては最大のもの

Recent Display Technology and its Application.

III. Plasma Displays.

By Hiraki Uchiike (Department of Electronics, Hiroshima University)

である。現在では 84 階調の TV 表示可能なインタフェースも用意されている。Photonics Technology 社の対角 1.5 m のプラズマディスプレイがすでに市販されて 10 形になる実績が、現在盛んになりつつある大型カラープラズマディスプレイの研究開発の推進の根源になっている。

TV 表示を目的とした DC 形カラープラズマディスプレイには、NHK 放送技術研究所によるパルスメモリ方式がある。パルスメモリ方式は、0.8 μ s 程度の短いパルス幅の電圧を繰り返し印加する、いわゆるセルフプライミング効果を利用してメモリ機能を付加している。

パルスメモリ方式を採用することで大型化が可能になり、対角 40 インチまで開発されている。厚膜印刷技術を利用して製作することを可能とするため、図 1 に示したようなプレーナ型のパネル構造を採用している。補助陽極は、256 階調を可能とするための印加パルス電圧に対する素早い応答を可能とする。プライミング孔は、応答速度を早くするとともに放電を確実にするために必要になる。これらの改良によって、256 階調の TV 画像が得られ、白色で輝度 86 cd/m² と効率 0.17 lm/W、830:1 の高コントラストが得られた。ハイビジョン表示に成功して注目を集めている⁽²⁾。

AC 形のカラー化は、図 2 に示したような表示電極を背面基板上に絶縁積層した構造の面放電型の方式と、従来か

図 1 NHK 放送技術研究所の DC 形プラズマディスプレイの電極構造

(a) 対向型 (b) 面放電型

図 2 AC 形プラズマディスプレイの電極構造

らの対向電極形的方式で開発研究が行われている。現在は面放電型の開発研究が盛んである。1990 年富士通が面放電型の構造を採用し、高輝度、高発光効率で 1 万時間の寿命の対角 20 型マルチカラーパネルを株価表示用として市販し 3 年以上大きな問題をもたずに駆動している実績がある。

Photonics Technology 社は、アメリカ国防省の高品位 TV 計画の中で、従来からある対向型 AC 形プラズマディスプレイの構造でカラー化する試みを意欲的に展開している。1991 年 SID 国際会議において、64 階調 TV 表示のデモストレーションをするところまで到達した⁽³⁾。

富士通は 1991 年のエレクトロニクスショーでは、対角 30 型の面放電電極構造の AC 形フルカラープラズマディスプレイを公開した。64 階調表示であるが、1 万時間以上の寿命をもつ本格的に実用に耐え得る最初の大フラットパネルディスプレイとして専門家の注目を集めた。

市販されている富士通の面放電型カラープラズマディスプレイのパネル構造を図 3 に、その性能を表 1 に示した。サステイン電極上の維持放電により発生した紫外線が、上部カバーガラスに塗布された蛍光体を励起発光させる。この光を下部サステイン電極側に取り出すために、サステイン電極は ITO 透明電極で形成されている。対角 20 型以上のディスプレイで TV 表示をするためには、電極の低抵抗が必要になるので、ITO 電極には金属バス電極を付加形成している。

電極構造および駆動方式は、アドレス電極に印加する電圧を 50 V と低くするために若干複雑になっている。この

図 3 対角 21 インチフルカラー AC 形プラズマディスプレイの電極構造

表 1 対角 21 フルカラープラズマディスプレイの性能諸元

	性能諸元
ディスプレイ面積	21 inch (422.4 mm×316.8 mm)
画素数	640×480
ディスプレイセル	1,920×480
画素ピッチ	0.66 mm
セルピッチ	0.22 mm(H)×0.66 mm(V)
画素配列	RGBRGB

極の下部に配置する3電極構造は、下部電極の働きで電圧印加後約200 nsで発光を開始する素早い駆動が可能になる。したがって、駆動パルスの幅が1 μ s程度でも高輝度・高発光効率でメモリマージンを大きく保つことが可能になり、ハイビジョン表示に必要な高階調表示を容易にする特性を有している。現在市販されている面放電型を第一世代のカラープラズマディスプレイとすると、次の世代のものとして期待される⁽⁴⁾。

従来のカラープラズマディスプレイは、蛍光体を透過してくる光を利用する、いわゆる透過型蛍光体塗布法の構造を用いていた。これに対して、富士通ならびに日本電気が試みている面放電電極構造のAC形プラズマディスプレイは、蛍光体からの反射光を利用する、いわゆる反射型蛍光体塗布法を採用している。この方式を採用すると、高輝度の結果が得られるため発光効率は0.5 lm/W程度に向上する。発光効率のこの値は、カラープラズマディスプレイとして実用に十分な値に近づいているので、今後反射型を発展させた方式の展開に期待が寄せられている。

蛍光ランプの場合の発光効率80 lm/Wと比較すると現在のカラープラズマディスプレイの発光効率は、実用化の段階の最高値が0.5~0.6 lm/Wであり、まだ満足しうるものではなく、民生用TV受像機としての普及を高めるための目標値として、1 lm/Wを実現することが重要である。

液晶ディスプレイとプラズマディスプレイの消費電力を比較して、液晶ディスプレイのほうが1桁も2桁も良いように思われている。ディスプレイ本体の消費電力は明らかにプラズマディスプレイの方が大きい。しかし、液晶ディスプレイの多くは後方から蛍光ランプなどによる照明、いわゆるバックライトを必要とする。特に、カラー液晶ディスプレイは、カラーフィルタを透過する光を利用しているため、カラーフィルタによる光の吸収割合が高い。したがって、ディスプレイとして有効に利用できるのは、バックライトからの光の数パーセントになり、総合的なカラー液晶ディスプレイの消費電力はほとんどカラープラズマディスプレイと同程度になる。

カラープラズマディスプレイに用いられる蛍光体からの発光の色純度は、CRTのそれと比較しても遜色ないことは先に述べたとおりである。しかし、隣接する放電セルからの発光色が混じると色純度が劣化するクロストークが発生する。このため、カラープラズマディスプレイでは、クロストークを低減することが重要となる。クロストークを低減するために、隣接する放電セルとの間にバリヤリブを形成することがぜひとも必要になる。これは、DC形ならびにAC形いずれの場合にも必要となる。

対角1 m級のカラープラズマディスプレイの場合には、放電セルは0.3 mmピッチ程度であるから、このためのバリヤリブの作成には、従来使用してきている印刷技術を用いることに今後もあまり大きな問題は生じないと思われる。しかし、カラープラズマディスプレイの今後の発展を

考えると、対角が1 mのように大きいものばかりでなく、対角17型程度で高精細のものを製作できることもカラーディスプレイとして重要な資質とみなされる。すなわち、カラーディスプレイとして対角17型から80型程度までカバーできることが、カラーディスプレイを製造する意欲をかき立てる最も重要な要因になるからである。

プラズマディスプレイを高精細化する場合、バリヤリブを0.1 mmピッチ前後と高精細に形成することは、現在の印刷技術を用いるプロセスではほとんど不可能である。このため、今後は沖電気工業および日本印刷などで試みられている。サンドブラスト法を用いたバリヤリブの形成を展開することも重要になる⁽⁵⁾。

バリヤリブの間隔を短くすると、放電で発生したイオンや電子がバリヤリブの衝突する確率が高くなるため、発光効率が低下する。これらの問題を解決するための方式として、バリヤリブ自体にサステイン電極を形成して、バリヤリブ自体をイオンならびに電子の発生源にする障壁電極型カラープラズマディスプレイの構造が広島大学から提案されている⁽⁶⁾。

このように、カラープラズマディスプレイは、対角50インチ程度の大画面ディスプレイとして、ハイビジョン用大型フラットパネルディスプレイとして期待されている。カラープラズマディスプレイがハイビジョン用のディスプレイとして実用化するためには、今後

- ① 高輝度・高発光効率で長寿命化に有効な新しい封入ガスの探索
- ② 高輝度・高発光効率のための新しい電極構造
- ③ 性能改善と低コストのための要素材料と技術向上

が重要である。①および②項は、プラズマディスプレイとしての性能を本質的に改善することになるので、最もその効果が有効である。それだけに最終的な解決にはかなりの時間が必要となる。

少なくともNT8C方式のTV表示を行うための壁掛けTVとしてカラープラズマディスプレイの性能改善をするためには、③項に関連した蛍光体の性能向上、高精細バリヤリブ形成法の確立やルーブットを格段に向上させるための最適製造プロセスの確立、低消費電力化のための回路構成とそのIC化など、早急に対処しなければならないことが多数あげられる。

DC形では本質的に長寿命に有効な電極材料の開発が重要である。最近、DC形プラズマディスプレイにおいて、比較的高い封入ガスの下で、放電セルごとに抵抗を付けて放電電流を制限することにより長寿命を実現させようとする試みがなされている。この方式をパルスメモリ特有の定電圧下で駆動させる場合、長期間にわたり一定電流を維持できることが、本格的な実用化への鍵となる。

AC形のMgOの保護層の形成には、現在の段階では真空蒸着法を用いている。これはAC形カラープラズマディスプレイの製造コストを低下する上で、最も大きな障害となっている。MgO保護層を印刷法を用いて行うことが可

能となると、AC 形カラープラズマディスプレイの価格を著しく低下させることができる。したがって、MgO 保護層を印刷技術で作成可能な MgO ペーストの開発は、最も重要で緊急の課題である。広島大学では、この MgO ペーストの開発に取り組んでいて、MgO ペーストを印刷して焼成した後は MgO 以外ほとんど残らないものを開発した。試験的な段階ではあるが、印刷作成した MgO 保護層と真空蒸着して作成したものの点火電圧および寿命特性にはほとんど差が見出せない優れた性能であることが報告されている⁽⁷⁾。

AC 形では現在用いられている MgO のよりもさらに低電圧で長寿命な保護層材料を開発することが重要であることは当然である。これとともに、147 nm の紫外線を吸収しない特性を有する保護層材料の開発が重要である。単一放電セルに塗布する蛍光体の面積の割合を高くすることが、カラープラズマディスプレイの高輝度・高発光効率化を実現する有力な方法である。蛍光体の面積を増やすことは、放電で発生するイオンによる衝撃を受ける確率を高くする。高精細化することは、単一放電セルの大きさが小さくなるので、イオン衝撃による蛍光体の損傷の機会が、一層大きくなって寿命を低下させる大きな要因となる。

蛍光体の上に MgO 保護層を形成することは、イオン衝撃による損傷を著しく少なくすることに大きく寄与するが、MgO のバンドギャップは 147 nm よりも狭いため、147 nm の真空紫外線を吸収して輝度を低下させる。このため、特に高精細化した場合の高輝度・発光効率化の大きな障害となる。この問題を解決する本格的な手段としては、147 nm に相当するバンドギャップよりも広い保護層材料を開発することである。このような広いバンドギャップをもつ保護層材料が開発されれば、AC 形プラズマディスプレイのみならず、DC 形プラズマディスプレイの蛍光体塗布層にも適用できて、AC 形および DC 形いずれのカラープラズマディスプレイの高輝度・高発光効率化に極めて有効に作用し、ハイビジョン表示に必要な高輝度の実用化を容易にするものと期待される。

プラズマディスプレイの駆動用ドライバ回路では、EL とともに駆動電圧が高いため、駆動用の最終段の IC ドライバの種類が少なく、駆動回路構成の自由度に制約がある。また、プラズマディスプレイは、EL ほどではないが、容量を介して駆動用ドライバ IC と結合するので、発光に直接関与しない無効消費電力の値を無視することができない。家庭用大型ディスプレイとしてプラズマディスプレイを本格的な普及させるためには、無効電力をかなりの程度低減することが最も重要で緊急の課題である。

4. おわりに

高輝度・高発光効率で長寿命のカソード材料を開発することは、相当な時間が必要になると予想させる。当面 MgO を誘電体電極とする AC 形カラープラズマディスプレイにより、対角 50 インチ前後の大画面ディスプレイを実用化する見通しがたってきたことは、1994 年に向けて極めて明るい状況にあるといつてよい。

カラープラズマディスプレイは、初期開発段階からすでに脱却し、本格的な実用化の段階に達してきた。カラープラズマディスプレイ開発研究が今後より一層本格化するためには、社内体制で行われてきているプラズマディスプレイの開発研究が、液晶ディスプレイのような裾野の広い多数の企業から幅広い協力体制が確立されることが重要である。

0.2~0.3 mm ピッチの解像度をもつ大画面のカラープラズマディスプレイの実用化は、本質的に全く問題がなく、まもなく実現するであろう確信しているのは筆者ばかりではないと考えている。1992 年に発足したプラズマディスプレイ技術討論会がますます活発に発展することで、今世紀内にさらに高性能のカラープラズマディスプレイを用いたハイビジョン大画面ディスプレイが実用化することは確実のように思われる。(平成 5 年 12 月 7 日受付)

文 献

- (1) K. Yoshikawa, et al.: "A Full Color AC Plasma Display with 256 Gray Scale", *Proc. of 12th IDRC*, p. 605~608 (1992)
- (2) T. Yamamoto, et al.: "A 40-in.-Diagonal HDTV Plasma Display", *SID 93 Digest*, p. 165~168 (1993)
- (3) P. S. Friedman, et al.: "A 17-in.-Diagonal Full-Color ac Plasma Video Monitor with 64 Gray Levels", *SID 91 Digest*, p. 717~720 (1991)
- (4) H. Uchiike, et al.: "Full-Color Surface-Discharge AC Plasma Display Panels", *SID 88 Digest*, p. 146~149 (1988)
- (5) Y. Terao, et al.: "Fabrication of Fine Barrier Ribs for Color Plasma Display Panels by Sandblasting", *SID 92 Digest*, p. 724~727 (1992)
- (6) M. Fukuda, et al.: "A New Color ac Plasma Display Panel with Barrier-Type Electrodes", *SID 91 Digest*, p. 732~735 (1991)
- (7) 天野邦品, 他, 「ac 形プラズマディスプレイにおける保護層用 MgO ペースト開発」, *Proc. ITEC '93*, p. 13~14 (1993)

内 池 平 樹

1969 年東北大学大学院博士課程電子工学専攻修了, 工学博士。同年広島大学工学部講師, 1975 年同大学助教授。1978~79 年文部省在外研究員 (イリノイ大学客員准教授), 1988 年 SID Fellow 受賞。1989 年ジャパンディスプレイ '89 プログラム委員長。1989~93 年テレビジョン学会情報ディスプレイ研究会主査, 1993 年 SID 日本支部長, アジアディスプレイ '95 運営委員長。