

論文

AC プラズマディスプレイ装置*

梅田章三** 城内康成**
石崎洋之** 森 忠民**

Abstract

An AC plasma display module has been tried to manufacture for use in information systems. The plasma display panel, used here, has an active area of 307 mm×307 mm, with crossed grid electrodes of 512×512 lines.

A dielectric film, which covers electrodes of the panel to separate them from discharging gas, has been processed to be opaque for a screen of the slide projector by diffusing Al_2O_3 into dielectric material of lead borosilicate glass.

Electrodes, less than 100 μm in width, have been fabricated by squeezing conducting paste containing gold into grooves pre-etched on the substrate glasses.

An optical image projected through a slide film on the plasma panel have been superimposed on a graphic or a character display written in accordance with the data from an information processing system without any parallax.

1. ま え が き

この報告は、ガス放電平板ディスプレイの1つ、AC形プラズマディスプレイによる図形表示装置ハードウェアに関するものである。1966年、AC形プラズマディスプレイの原形が発表されてから5年後の1971年、アメリカでW. E. Johnsonらが、8½インチ角の有効表示面をもった512×512セルACプラズマディスプレイ装置を発表³⁾している。プラズマディスプレイは、歪のないすぐれた表示精度、鮮明でちらつきのない画面、光学像の重畳投影が容易であること、部分書き込み、部分消去ができること、記憶表示性を持つために端末装置としてシステム上の使い易さなどの点から、将来におけるCAD、CAIその他、図形処理を伴う各種のマンマシン対話システムでの端末装置として、広範囲な分野での利用が期待されている。

これに用いるAC形プラズマディスプレイパネル(以下これを単にPDPと略す)の構造は次のように

なっている。ガラス板の上に平行で細い電極が多数作ってあり、この上を薄い誘電体層で被覆してある。これを2枚、電極が立体的に直交するように誘電体層を内側にして、間隙をおいて重ね合わせる。そのすきまに放電用の不活性ガスを密封してあり、それぞれの電極交点とその近傍のガス空間が、単位放電管(セル, cell)を形成している。

このPDPの特徴は、一たん放電開始電圧を越える電圧によって放電を開始すると、電極表面の誘電体層上に分極して集積すると考えられる電荷(これを壁電荷と呼ぶ)が、セル内部で逆電界を作り出すことから、ある程度放電が成長したあと、自動的に放電を終息させる働きがあること、セルには交番電圧を印加して使用するので、放電が起ったあと、外部からの電圧が反転したとき、壁電荷による電界が外部からのものと同じ極性となり、放電開始電圧より、例えば10~20%程度低い交番電圧(これを維持電圧と呼ぶ)でも放電が持続するという、いわゆる記憶表示機能があること、この2つが基本となっている。

このように、PDPは、記憶表示性を持つことから、リフレッシュ方式では輝度やフリッカが問題となる、より多絵素を必要とするデジタルディスプレイの分

* An AC Plasma Display Module, by Shozo UMEDA, Yasunari SHIROUCHI, Hiroyuki ISHIZAKI and Tadatami MORI. (Fujitsu Laboratories Ltd. Electron Device Laboratory)

** (株)富士通研究所電子デバイス研究部

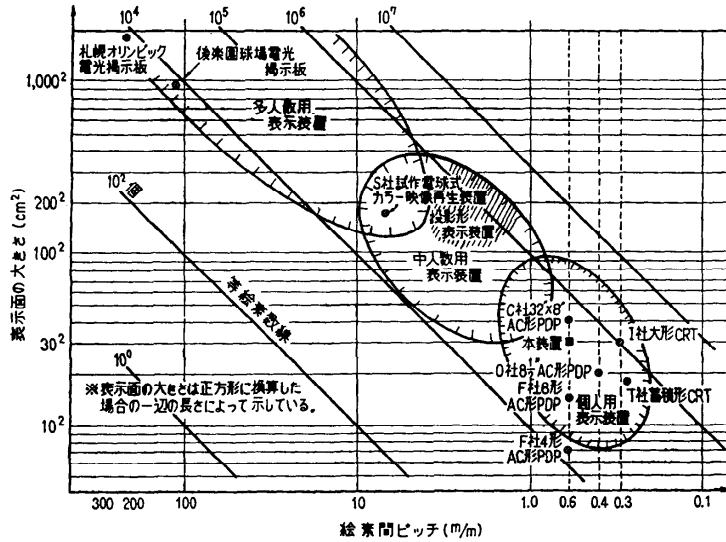


Fig. 1 Various display devices classified in the size vs. pitch of picture elements.

野を指向するものといえる。その1つである図形表示の目的には、大約 10^6 個の絵素が必要と考えられていて、CRT方式ではこの程度の絵素が確保され、なめらかな表示が実現されているが、画像の歪の存在が避けられないという、アナログ偏向方式共通の問題の他に、ライトペンの使えるリフレッシュ形では、表示情報量の制限や、フリッカの問題があり、それのない蓄積表示形では、ライトペンが使えない不便があって、必ずしも満足されていない。

ドットマトリックス方式では、歪がないことや、奥行き小さいコンパクトな構造になり得る利点があるが、開発途上であるために、絵素数を大きくすること、その絵素の特性の均一性を確保すること、そして、装置としてのコスト、などの点に問題が残っている。現時点では、PDPがこれらの問題点を解決する可能性が高いと考えられている。PDPではそれらの課題の他に、表示色をネオンガスによる赤橙色から、より好まれる緑などへ変換すること、グラフィック応用に必要なトラッキング、ピッキングなどの基本動作となる表示点の座標読み出しの機能をより確実なものにすること、階調表示技術などが検討されつつある。

ここでは、これらのうちの大形化、多絵素化の検討が主としてなされた。絵素数を増すための手段として、ドット間のピッチを小さくしていく方向と、画面サイズを大きくする方向とがあるが、ここでは有効表示面寸法として、307 mm×307 mm (対角で 17 イン

チ)と後者をめざした。また光学像(スライドフィルムからの投影像など)の重畳表示可能な特長を生かし、視差をなくすために、結像面と放電表示面との一致を計ったことなどに新規性がある。絵素数としては 512×512 セルで、約 2.6×10^5 絵素からなる。

Fig. 1 に示す各種ディスプレイの画面サイズと絵素数の分布から、この装置の占める位置を見ることができる。ここではよこ軸は絵素間隔を、たて軸は表示面の大きさを正方形の場合に換算して表わしている。図中の斜め線は、等絵素数線である。グラフィックディスプレイ装置は絵素数が $10^5 \sim 10^6$ 個のところに分布している。

2. プラズマディスプレイパネル (PDP)

交番電圧を印加して使用する PDP の構造については、すでに概略述べたように Fig. 2(a) (次頁参照) に示すような断面と、ここで用いたパネルの写真 Fig. 3 (次頁参照) で示すような外観とをもって。PDP の一般的な記述は他¹⁾²⁾にゆずり、ここでは情報の効率的表示手段として特長ある光学像投影面の内蔵について、および大面積多絵素化に伴う電極製法の提案などについて述べることにする。

2.1 光学像投影面

画像情報のように多量のメモリを必要とする表示が数多くあり、それが予かじめ用意しておける形態をもつシステム、例えば CAI などでは、端末装置側にス

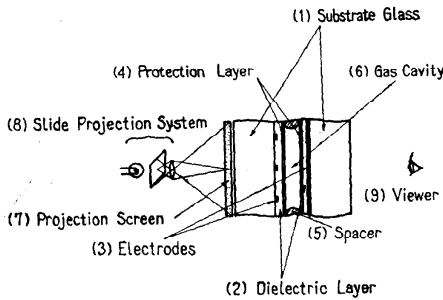


Fig. 2(a) A cross-sectional view of a conventional AC plasma panel with a slide projection screen on the outside of a substrate glass.

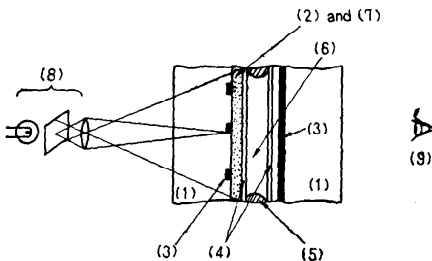


Fig. 2(b) A cross-sectional view of the developed plasma panel which has an opaque dielectric layer to serve as a slide projection screen without any parallax.

ライドフィルムとそのプロジェクタから成る画像情報ファイルを用意し、命令に応じて選択してフィルム画像を投影するのがシステム全体として所要メモリや伝送のコストを安くできる方法と考えられている。

現在実用化されつつある PDP の投影面は一般に後面基板ガラスの外表面を散乱面加工したり、別材料による散乱面を貼りつけたりして形成されているが、この方法は簡便である反面、放電表示像と光学投影像とに基板ガラスの厚さにもとずく視差が生じ、比較的近い距離で使用するマンマシン対話装置系ではそれら 2 者の像の相対位置精度に不足を感じる事が多い。これを解決する手段として放電ガスに接する誘電体層を光散乱面をも兼ねる構造とした。

その具体的な方法として、

- i) 結晶性ガラス (失透性ガラス) を用いる方法、
- ii) 乳白ガラスを用いる方法、
- iii) ガラス中に気泡を残留させる方法。



Fig. 3 An AC plasma panel used (512 lines x 512 lines)

iv) ガラス中に無機粉末を分散させる方法。などが検討され、光散乱プロセスを加えてもパネルの動作特性 (放電電圧 V_f 、メモリ係数 α 、ばらつき、など) を悪化させないこと、および作業性を考慮してここでは iv) の方法を採用した。

分散材として使用する無機粉末には Al_2O_3 、 TiO_2 などが考えられ、ここでは粒度を制御し易い Al_2O_3 を誘電体層用母体ガラスの 10~20% 使用した。 Al_2O_3 添加による誘電率の低下や、誘電体層が厚めに仕上り易いことなどを含めて、放電開始電圧の上昇は、分散材をもたない通常のものに比べて、15% 以下におさめることができた。

この誘電体層上には、耐熱性の保護層を被覆して、パネルの長寿命化、低電圧化を計っている。

このようにして、複数枚のパネルについて、放電開始電圧のそれぞれのパネルでの中央値、 V_f が、114~116 V、放電開始電圧の最大偏差として V_f の $\pm 4.0 \sim \pm 5.2\%$ 、パネル全体の平均的メモリ係数 α が、

*メモリ係数 α は、メモリの大きさを表わす数値として次のように定義されている。

$$\alpha = \frac{|V_f| - |V_{sm}|}{\frac{1}{2}|V_f|} \quad (1)$$

ここで V_f は放電開始電圧、 V_{sm} は最小維持電圧である。右辺の分子は、維持電圧が V_{sm} で定期的に放電が繰返されているとき、ある回の放電が終わって累積した正電荷が与えらる等価外部電圧 V_m を表わしている。すなわち繰返し放電が成立する条件 (2) からである。

$$|V_f| \leq |V_{sm} - V_m| \quad (2)$$

式 (2) で等号が成立するとき、メモリの最も大きい理想パネルでは

$$|V_m| = |V_{sm}| = \frac{1}{2}|V_f| \quad (3)$$

(次頁下段につづく)

0.37~0.41 のものが得られた。

Fig. 2 は従来のパネル構造 (a) と、本装置のパネル構造 (b) を示したものである。

2.2 パネルのガラス基板

この装置のプラズマパネルは、対角寸法 19 インチ (有効表示面对角寸法 17 インチ) と現在のパネルとしては最大級の寸法をもっており、パネルの基板となる板ガラスには、構成されるセルの特性均一化のためにたわみ量、強度の検討が必要である。

パネルに最も荷重がかかるのは、内部を真空にする排気、ベーキング工程で、このとき周辺を真空シール材で封じたこのガラス基板には、大気圧によって約 1,200 kg が等分布荷重で加わり、単純に破壊強度の点からガラス板厚さ 8 mm, 安全係数をみると 15 mm 程度が必要となるが、荷重のかかる工程でパネルの内外圧を平衡させる 2 重排気の手法と、2 板のガラス基板を支えるスペーサの数、およびその配置を考慮して、5~10 mm 厚さの範囲でよいことが確められた。

2.3 電極

パネル内のしきりのないガス空間に、電界による拘束だけによって、密度高く形成されるセルが、互いに他のセルの動作を干渉しないために、AC 形プラズマディスプレイパネルは幅の細い電極を作る必要がある。この電極製作には金属ペーストを印刷マスクを通してプリントするスクリーン印刷法や、金属蒸着膜をフォトエッチする方法が用いられている。前者は作業性、経済性にすぐれているが、幅が 100 μm を下まわるような細い電極に対しては満足な方法ではない。また金属膜を真空蒸着法で基板ガラス全面に施し、これをフォトエッチングの技法を用いて電極パターンにする後者の方法は、性能上は良好であるが高価な金属材料の利用率が悪いうえに工程も多いので経済性が悪い。そこで本装置のパネルには、両者の利点を組合せて、エッチング技法を用いてあらかじめ基板ガラスに電極パターン溝を作り、その溝に金属ペーストを埋め込む EG 法 (Etch-Grooving 法と呼ぶ) を採用した。

レジスト膜のガラスへの密着性向上、エッチング中の生成未溶解物の除去などに注意し、フォトエッチング法と同等の性能を持つ電極を得ることができた。こ

で放電が持続すると考えられるところから $(1/2)V_f$ で規格化し、これをメモリ係数と呼んでいる。

α は 0~1 の値をとり、通常の、メモリ動作を期待する PDP では、0.3~0.5 程度である。

多数のセルで構成される 1 枚のパネルでは V_f, V_m の値として個々の値のばらつき (Spread) 内の中央値をとって求めることが多い。

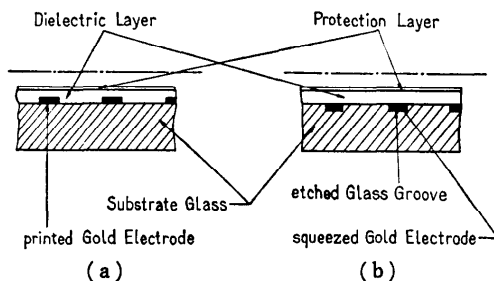


Fig. 4(a) A cross-sectional view of a conventional panel which has printed or etched electrodes.

Fig. 4(b) A cross-sectional view of a developed panel with grooved electrodes.

の方法は、金属ペースト利用率が 100% に近いので、経済性、量産性ともに良好な方法であるといえよう。

Fig. 4 は、従来のスクリーン印刷法で製作した電極構造 (a) と、新しく開発した EG 法によるもの (b) を示す。

3. 表示装置

3.1 構成

この装置は、前記した 512×512 ラインの AC 形プラズマパネルを用いた、ランダムな書き込みおよび消去が可能な蓄積形図形表示装置である。

Fig. 5 の系統図に示すように、パネル上の表示点座標を指定する 2 進数データを受けてアドレスデコーディングロジックがアドレスドライバの指定を行い、指定座標点に所定の動作 (点火、消去) を指示するコマンド信号を受けて、維持波形周期を基準とした表示タイミング制御を制御ロジックが行う。X, Y の各座標それぞれの指定のための 2 つのグループからなるドライバ群の中で、各々 1 つずつのドライバーが選ば

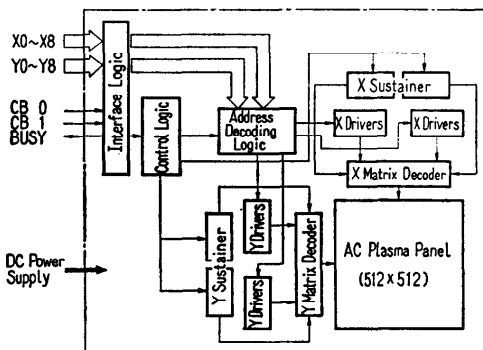


Fig. 5 Scheme of the plasma display module.

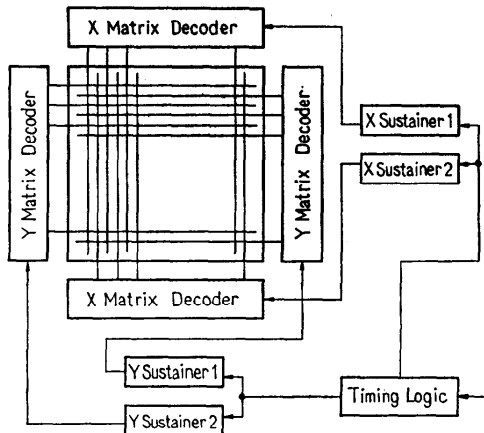


Fig. 6 Scheme of divided sustainers.

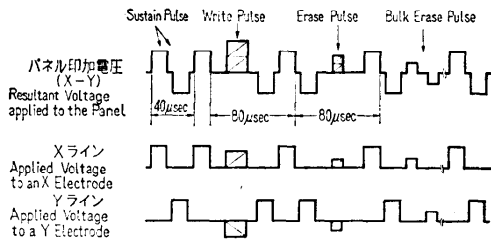


Fig. 7 Waveforms applied to the panel.

れ、それが出力する2つのアドレスパルスは最終的に抵抗ダイオードマトリクスデコーダによって1本の所定電極に選択印加される。

発光エネルギーを供給する維持電源は、X、Y それぞれ2つつづつに分割し、放電電流負荷の分散をはかる構成とした。Fig. 6 にその分割印加方式を示す。

全電極に並列に印加される維持波形と、そうでないアドレスパルスとは時分割でパネルに印加される。すなわち Fig. 7 に示すように、書き込みに際しては、維持電圧の1周期 (40 μs) を停止して、この期間に等振幅で正負逆極性のパルスを、X、Y おおのこの選択電極に同時に印加する。この電圧一致形式によって2つのパルスの振幅の和(これは V_f を越える値をもつ) が電極交点のセルに加わり、放電をひきおこす。そして壁電荷を反復放電可能量まで成長させる。

消去のためには、同様に電圧一致形式で消去パルスを与える。そのパルスは、放電を開始させると同時に壁電荷を再結合によって消滅もしくは、放電維持不能量にまで小さくする効果を与える。

全面消去 (Bulk Erase) には、維持電圧と同じ経路で、全セル同時に正負の消去ペアパルスを印加してい

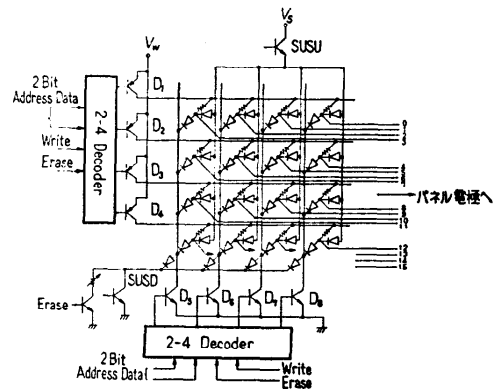


Fig. 8 Fundamental Circuit for the AC Plasma Panel.

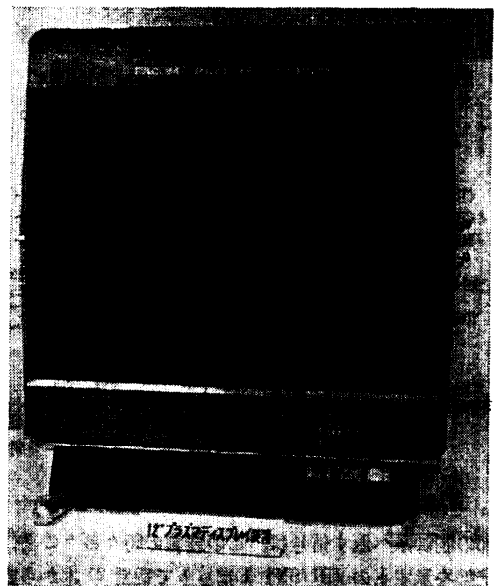


Fig. 9 External View of the Module with a Superimposed Image.

る。Fig. 8 にパネル周辺の基本回路を示す。また Fig. 9 には、太い線でみえる投影光学像と、細い線でみえる放電表示とを重ねて表示しているこの装置の外観を示す。Fig. 10 (次頁参照) は、別のパターンを放電表示しているところを裏面から示している。

3.2 入力データ

この装置が外部の表示制御系から貰う信号は、X、Y それぞれの電極 512 ラインのうち1本づつを指定する並列9ビットの座標データ ($X_0 \sim X_8, Y_0 \sim Y_8$) と装置の動作 (書き込み、消去、維持) を指定する並列2ビットのコマンド (CB0, CB1) で、この装置から外

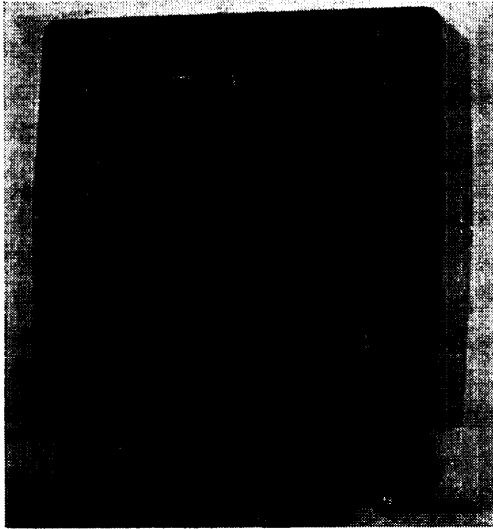


Fig. 10 Internal Rear View of the Module in Operation.

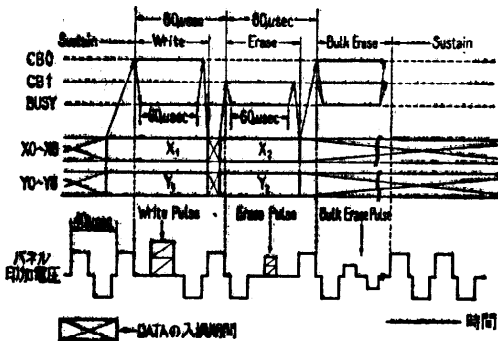


Fig. 11 Timing chart of interface signals.

部の制御系へ返す信号は、この装置の時々刻々の動作状態を示すもの (BUSY) 1ビットで総計21本から成っている。これらを経てもらう情報によって、表示を行うとき、インタフェースにおいては Fig. 11 に示すような動作を行っている。

CB0, CB1が論理「0」にある場合、表示装置は記憶表示状態 (Sustaining) をとる。このときパネルの全電極には等しく維持電圧が印加されている。

例えば (X₁, Y₁) 点に書き込みを行う場合、座標データ (X₁, Y₁) の入れ換えが完了し、Busyが「0」にあるという2つの条件が合致したとき、表示制御系はCB0を「1」に切り換える。表示装置側ではCB0が「1」に上ると、Busyを「1」に上げ、表示制御系に返すと共に、指示された座標に書き込みパルスを印加し、書き込み動作を行う。これが完了した時点

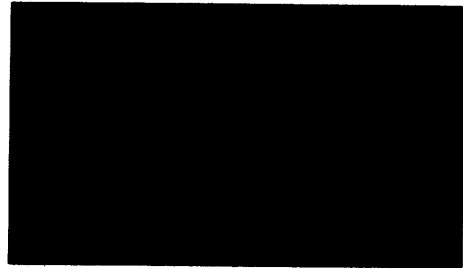


Fig. 12 Handwriting Image on this Display Module.

で、Busyを「0」に落す。これを検知した表示制御系は、CB0を「0」に落して、次にアクセスすべき座標データの入れ換えを行う。

消去、全面消去を行う場合は、コマンドCB0, CB1の組合せ) が異なるだけで、同じような動作シーケンスにしたがって行う。Fig. 11で、CB0~Busyの欄で、点線は論理「0」を、太い実線は「1」にあることを示している。またここでは、書き込み消去を連続して行う場合を示しているが、それらに維持状態をもってきて、もちろんさしつかえがない。全面消去動作中は、座標に関係がないので、座標データを入れ換えてもかまわないようになっている。

CB0, CB1と表示装置の状態との関係は、Table 1に示す通りである。

座標データとその画面位置との対応に関しては、原点 (0, 0) を左下すみにとってある。

この装置は、入力信号用バッファメモリを全く持っていないので、入力信号、座標データなどは、Fig. 11に示したように、維持電圧波形のタイミングに合わせて入力することが必要である。

Table 2 (次頁) にこの装置の主な性能を示す。また Fig. 12は、この装置にタブレットを接続し、手書き図形を入力したときの表示例を示したものである。

4. むすび

100 μm 程度のガス放電間隔を、約 340 mm 角の面積にわたって放電セルを損じないように、できるだけ

Table 1 Truth table for command signals.

コマンド	CB0	CB1
状態		
Sustain	0	0
Write	1	0
Erase	0	1
Bulk Erase	1	1

Table 2 General characteristics of the plasma display module.

項 目	性 能 値
パネルの全電極数	X 520, Y 520 本
有効表示面積	307 mm×307 mm (電極数 512×512 本, 262, 144) (ドットを使用するとして)
電極ピッチ	0.6 mm
スポット径	約 0.4 mm
スポット輝度	約 50 fL
色	赤 橙
パネル寸法	440 mm×440 mm×20 mm (たて よこ 厚さ)
書き込み消法アクセスタイム	80 μsec
全面同時消去, 光学像の重畳表示	可能
維持電源	110 V, 400 mA
装置概略寸法	600 mm×550 mm×195 mm (高さ 幅 奥行き)

小さなスペーサを補助として構成させ、全画面の約 2.6×10^6 個余りのセルの記憶表示を実現することができた。このような2枚の平らなガラス基板を合せた構造で、寸法および電極密度にもう一步の検討を加えれば、PDPは 10^6 程度の絵素を十分含ませ得ると考えられる。しかし他方において、この2枚のガラス基板を、せまい間隔で精度良く保つ問題から逃れるために、R. A. Strom⁶⁾ によって絵素の大きさの幅をもった細いガラス管を平行配列した構造の大形(幅約 80 cm)プラズマディスプレイが、また D. W. Dick⁷⁾ によって、片側のガラス基板上に、X, Y 両電極を立体交叉させて作ってしまい、これにガス容器としてのカバーを設ける、Single Substrate のプラズマディスプレイなどが検討されている。前者は、構造が複雑なためにパネルコストの問題や、放電の種となる粒子の存在確率低下による放電難易度の問題などいくつかの難点があるが、より大形のパネルを実現する一つの方法として興味がある。後者は、電極間容量が大きくなり易いこと、平面構成のため解像度を上げる点で不利があるなどの問題があるが、パネルがローコストに製造できる見通しがある点を生かして、今後の検討に期待したい。このような状況にあっても、当面2枚のガラス基板によるサンドイッチ構造のものが AC 形プラズマディスプレイの主流となるであろう。

ここでは、光学像投影面として、一方の誘電体層に Al_2O_3 を分散させ、セルのメモリ特性を損なわないで誘電体層と兼用させ、スライド投影像と放電表示との視差が実用上認められない重畳表示を得ることができた。この誘電体層の白色散乱面加工には、工程の増加と、動作電圧の上昇が伴ったが、無視差表示への要求

の大きさと、今後の加工技術の進歩によって、これの実用性も期待できよう。

より好ましい表示色への発色変換の実現性は、あくまでも得られる経済性と安定性によって決定される。現在、放電電圧の関係から Ne ガスによる赤橙色表示にあまんじているが、近い将来、蛍光体の紫外線励起などの手段によって緑色あるいは好ましい中間色を持った表示を得ることが期待されている。また図形表示装置として、ライトペンなどによる入力機能を持たせる技術をより安定にすることが重要な問題になってきている。

終りに、この研究とその発表の機会を与えていただいた富士通研究所 小島副社長、大脇博士、三輪副所長、鷗壽所次長および森田部長に感謝し、開発の苦勞を共にした中山次長をはじめ、パネル開発のグループの方々、応用装置技術部および教育部の各位の協力に深謝するものである。

参 考 文 献

- 1) H. G. Slottow: "The Plasma Display Panel Principles and Prospects", the IEEE Conference on Display Devices (December, 1970)
- 2) R. L. Johnson, D. L. Bitzer and H. G. Slottow: "The Device Characteristics of the Plasma Display Elements", IEEE Trans. on Electron Devices, Vol. ED-18, pp. 642~649 (September, 1971)
- 3) W. E. Johnson, L. J. Schmersal: "A Quarter Million Element AC Plasma Display with Memory", Proceedings of the S. I. D., Vol. 13, No. 1 (First Quarter, 1972)
- 4) H. Miwa, T. Uozumi, N. Nakayama, S. Umeda, H. Furuta and H. Hayashi: "Plasma Display—New Interactive Display Terminal", Proceedings of the S. I. D., Vol. 14, No. 1, pp. 34~38 (First Quarter, 1973)
- 5) 梅田章三: "プラズマディスプレイパネルの応用における諸問題—AC 形 PDP 使用上の問題—", 電子通信学会電子装置研究会資料番号 ED 73-57 (1973-10 月)
- 6) R. A. Strom: "32-Inch Graphic Plasma Display Module", the S. I. D. International Symposium Digest of Technical Papers, pp. 122~123 (May, 1974)
- 7) G. W. Dick: "Single Substrate AC Plasma Display", the S. I. D. International Symposium Digest of Technical Papers, pp. 124~125 (May, 1974)

(昭和 49 年 8 月 26 日受付)