

プラズマアドレス LCD とガラス

ソニー(株) ディスプレイカンパニー FP 開発部

宮崎 滋樹

Plasma Addressed Liquid Crystal Display and Glasses

Shigeki Miyazaki

Display Company, Sony Corporation

1. はじめに

情報化社会において、表示装置は視覚による情報伝達手段として重要な役割を持っている。現在、最も一般的な表示装置はブラウン管 (CRT) であるが、低コストで優れた表示特性を有する反面、原理的に薄型・軽量化が困難である。そのため、「壁掛けテレビ」に代表される、20~50 インチの大画面で高品位の薄型表示装置は長年の夢であったが、最近の液晶ディスプレイ (LCD) とプラズマディスプレイ (PDP) の目覚ましい進歩によって、ようやく現実のものになりつつある。

しかしながら、LCD は画質の点では優れているが、スイッチング素子の薄膜トランジスタ (TFT) の製造において、大画面化は極めて難しい。一方、PDP は大画面化は得意な反面、画質の点で更に改善が必要であろう。これに対して当社は、プラズマアドレス液晶ディスプレイ (PALC)¹⁾ という新しい方式を採用し、液晶の高画質と PDP の製造の容易さ、および大画面への発展性を合わせ持つ新表示装置「プラズマトロン」を開発した^{2~3)}。ここでは、PALC の原理と特徴について、使用するガラ

ス材料の特性と関連付けながら紹介する。

2. PALC の構造と動作原理

PALC は名称の一部に“プラズマ”というフレーズがあるために誤解されやすいのであるが、本質的には液晶ディスプレイである。図 1 に PALC の基本的な構造を示す。PALC は液晶セルとそれを駆動するためのプラズマセルから成り、2つのセルは厚さ 50 μm のマイク

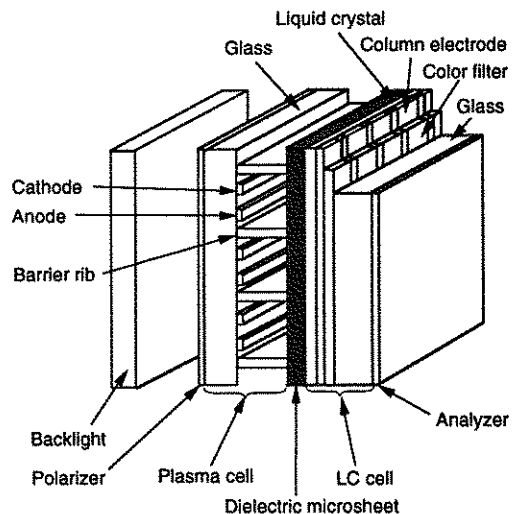


Fig. 1 Schematic structure of PALC

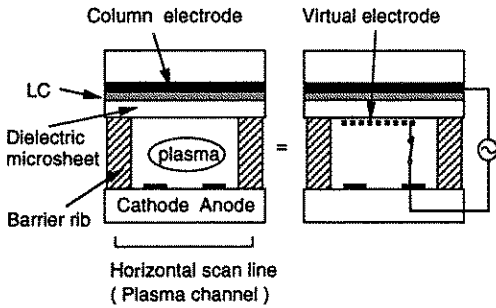


Fig. 2 Plasma switch operation of one pixel

ロシート（ガラス）により分離・結合されている。両セルの電極は直交しており、交点が1つの画素になる。

プラズマセルは、電極と隔壁をスクリーン印刷とサンドブラスト法により形成した後、マイクロシートをフリットシールし、希ガスを封入するというプロセスで作成される。従って、TFT作成では必要となる、高度な半導体製造プロセスは不要である。

液晶基板は、一般的な単純マトリクスLCDと同様のプロセスを用い、カラーフィルターと透明電極及び配向膜を作成してスペーサを散布した後、配向処理を行ったプラズマセルと貼り合わせる。液晶注入は通常と異なり、プラズマセル内に約3 kPaの希ガスが存在するため、パネル全体を真空容器に入れることはできず、液晶セル内だけを排気して行う。液晶の動作モードは一般的な Twisted Nematic 方式である。

図2はPALCの動作原理を模式的に示したものである。アノード・カソード間に約350VのDC電圧を印加することにより、グロー放電が発生する。放電後、両電極をアノード電位にすれば、生成したプラズマの導電作用によってチャンネル内はアノード電位になる。これは、マイクロシート下面に仮想電極が生成され、アノードと接続されているのと等価である。この時、液晶基板のカラム電極とアノードとの間に印加された電圧が、マイクロシートを通して液晶に書き込まれる。プラズマの消滅後

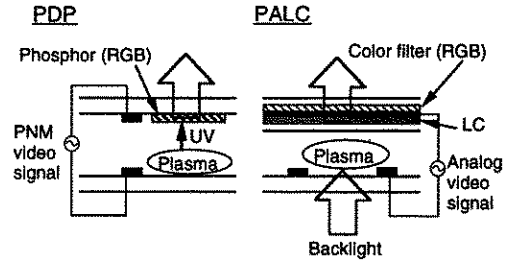


Fig. 3 Comparison of PDP and PALC

は、プラズマセル内はハイインピーダンスとなり、液晶に新たな電圧は書き込まれない。従って、放電時に液晶に印加された電圧が、次のフィールドの放電まで保持される。

以上の動作は、TFTのスイッチングと等価であり、プラズマチャンネル1ラインは数千個ものTFTに相当する。実際の画像の表示は、プラズマチャンネルを順次走査しながら、多数のカラム電極で1ラインを同時に書き込む方法で行う。

PALCにおいては、プラズマは液晶に電圧を印加するスイッチとしてだけ機能し、発光は利用しない。これが、図3に示すように、プラズマの発光を利用するプラズマディスプレイとの大きな相違点である。従ってPALCは、放電時間と電流は安定放電を得るための必要最小限で良く、駆動条件や放電ガスの自由度が大きい。ガスを最適化すれば、発光はほとんどコントラストには悪影響しない。また、パネルライフを支配する放電スパッタによる光透過率劣化は、1万時間で2~3%にすぎない。

3. PALCのガラス材料に要求される特性

PALCにおいては、①プラズマ基板、②液晶基板、③マイクロシートの3種類のガラス基板を使用する。今回開発したPALCは、有効画面25インチ、アスペクト比16:9のVGA仕様であり、使用するガラスの外寸は約

600×360 mm である。板厚はそれぞれ①1.9 mm, ②1.1 mm, ③0.05 mm である。

3-1 マイクロシートの電気的特性

液晶の駆動は、極性をライン毎に反転する交流信号で行われ、電圧はマイクロシートを通して印加される。従って、等価回路は図4のように表される。ここで、抵抗成分は容量成分よりも十分大きいために、インピーダンスは容量成分で支配される。よって、液晶に分配される電圧 (V_{LC}) は、マイクロシートと液晶セルの容量比により、(1)式のように定まる。

$$V_{LC} = \frac{C_{\mu}}{C_{LC} + C_{\mu}} V_D \quad (1)$$

通常、容量比は $C_{LC} : C_{\mu} \approx 10 : 1$ であるため、液晶駆動電圧 (V_D) は TFT-LCD の約 10 倍の 70 V 程度が必要である。

V_D はできるだけ小さい方が望ましく、そのためには C_{μ} を大きくすれば良い。従って、マイクロシートの板厚は薄く、誘電率は大きい程良い。機械的強度との兼ね合いにより、現在は 50 μm の板厚を使用している。なお、液晶セルを厚くして C_{LC} を小さくする方法も有効であるが、視野角が狭くなるなどの副作用が大きい。

液晶は基本的には交流信号で駆動されるが、回路の不具合などで直流成分が重畳されることがある。液晶セルに直流成分が印加されると、画像の焼き付きやフリッカーとして現れて、表示品位を低下させる。その場合、液晶に分配される直流電圧成分 (\bar{V}_{LC}) は、(2)式で与えられ、

マイクロシートの抵抗に強く依存する。

$$\bar{V}_{LC} = \frac{R_{LC}}{R_{LC} + R_{\mu}} \bar{V}_D \quad (2)$$

R_{μ} が R_{LC} と比べて十分大きければ、 \bar{V}_{LC} は小さく、液晶セルへの悪影響は少ない。

ところが、一旦液晶セルに直流が印加されてしまった場合は、マイクロシートの抵抗が高いたとなかなか電荷がリークしないので、長時間悪影響が残るというデメリットになる。直流電圧に対する感度の低さを重要視するか、回復の早さを優先するかで、マイクロシートの抵抗率の仕様が異なってくる。現在は、高抵抗率 (4.7 $\times 10^{17} \Omega\text{cm}$, 25°C) の無アルカリガラスをマイクロシートに用い、直流成分に対する感度を低くしている。

3-2 温度特性

PALC のガラス基板において、温度特性は非常に重要である。板厚 50 μm のマイクロシートを挟んで支障無く組立てるためには、各ガラス基板の温度特性を十分考慮する必要がある。

3 種類のガラス基板の中で、最も耐熱性が必要なのはプラズマ基板である。プラズマ基板は、電極とリブを形成後に 580°C で焼成される。従って、歪点温度はそれ以上であることが望ましい。

マイクロシートとプラズマ基板は 460°C でフリットシールされる。従って、2 つの基板は熱膨張係数が一致している必要があり、クラックに対する安全のためには、熱膨張係数は小さい方が望ましい。

以上の観点から、マイクロシートとプラズマ基板には無アルカリガラスを使用している。マイクロシートについては、板厚 50 ミクロンで大型の基板は種類が少ない上に、温度特性の制約によって、選択肢は極めて限定されてしまうのが現状である。

プラズマ基板の熱収縮については、TFT や PDP の場合よりも寛容である。その理由は、

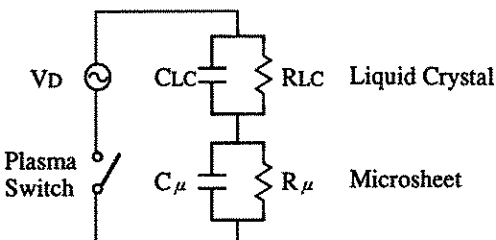


Fig. 4 Equivalent circuit

Table 1 Thermal characteristic of glass plate

歪点	6 2 7 (°C)
徐冷点	6 6 3 (°C)
軟化点	8 8 3 (°C)
熱膨張係数	4 5 ($\times 10^{-7} \text{K}^{-1}$)

①すべてのパターン形成後に一括焼成を行っているので位置ずれが発生しない、②プラズマ基板と液晶基板のアライメント精度が不要な構造であることによる。

液晶基板は、本来単純マトリクスLCD用のソーダ石灰ガラスでも良い。しかし、プラズマ基板の熱膨張係数との整合性と、液晶へのアルカリの影響を考慮すると、無アルカリガラスの方が望ましい。

表1に使用したガラス基板の温度特性の一例を示す。なお、ガラス基板は、すべて使用前にアニール処理を行っている。

3-3 表面平滑性

PALCはLCDの一種なので、ガラス基板の品質は表示品位に敏感に反映する。特に基板の凹凸は表示むらとなって現れるので、液晶基板表面とプラズマ基板のリブ頂部は研磨を行っている。マイクロシートは研磨を行わないので、ガラス製板時の品質が重要である。各基板のうねりと板厚むらは、 $0.2 \mu\text{m}/5 \text{mm}$ 以下であることが要求される。また、パネルを組立てる上で、基板の反りは $0.3 \text{mm}/300 \text{mm}$ 以下であることが望ましい。

プラズマセルのリブ間隔が、マイクロシートの凹凸に及ぼす影響については留意する必要がある。コンピュータシミュレーションを用いた設計を行っている。今回の開発品において、 0.64mm のチャンネルピッチでのマイクロシートの凹凸は、実測で約 $0.06 \mu\text{m}/0.64 \text{mm}$ であり、表示品位に悪影響はない。

3-4 その他の特性

光学的特性については、一般のディスプレイ用ガラスと同様に、可視領域で透過率が高く、波長に対してフラットな特性であることが要求される。

化学的特性については、一般的な単純マトリクスLCDやPDP用のガラスと同程度の酸、アルカリへの耐性があれば良い。

4. プラズマチャンネルの作成法

PALCを製造する上で、1つのポイントになるのがプラズマチャンネルの作成法である。これにはいくつかの方法が考えられる。

開発初期においては、フッ酸をエッチャントとして、フォトリソグラフィによりガラス基板をエッチングして、チャンネルとなる溝を作成していた。電極はその中にスパッタ成膜してから、フォトリソグラフィを行うという難度の高い方法で形成される。この方法は微細加工が可能な点が長所であるが、大型基板の量産には不向きである。

現在は、スクリーン印刷とサンドブラスト法を組み合わせた方法を採用している。これは、基本的にはPDPのプロセスと同様であるが、PALCのプラズマチャンネルは構造がシンプルな点が特徴である。作成手順は以下の通りである。

- ①電極ベタ印刷 (スクリーン印刷)
- ②電極パターニング (サンドブラスト)
- ③リブストライプ積層印刷 (スクリーン印刷)

図5は、プラズマチャンネルのSEM写真(チャンネル両端と中央に電極がある構造例)である。リブの幅は約 $100 \mu\text{m}$ 、高さは約 $200 \mu\text{m}$ である。電極のパターニングは、スクリーン印刷法によるストライプパターン印刷に代えて、サンドブラスト法を導入することで精度が向上し、プラズマ基板の開口率は30%から40%へ改善された。この方法は、25"VGAや40"HDTVを作成するのに十分な精細度を有す

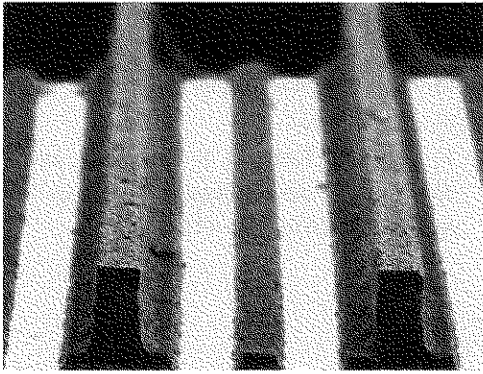


Fig. 5 SEM photograph of plasma channel

ると共に、真空プロセスや高度なフォトリソグラフィ技術が不要なため、大型基板の量産に適している。

次世代の作成技術としては、一層の微細化と、十数回に及ぶリブの積層印刷の簡略化が課題である。そのために、感光性ガラスペースト材料や、シート状のガラスペースト材料の応用など、多くの案が検討されている。

5. 25インチ PALC の仕様

25 インチ PALC の主な仕様を表 2 に示す。テレビとしてのみならず、コンピュータディスプレイとしても使用できるように設計されている。

PALC においては、バックライトの輝度を上げるだけで、容易に高輝度化が図れるのが特徴の 1 つである。バックライトには効率の高い蛍光管を用いることができ、蛍光管の発光効率 80 lm/W に、集光効率の 75% とパネル総透過率の 3% を掛けると、総合的な発光効率は約 1.8 lm/W となる。この値はプラズマ基板の開口率の向上により、近い将来 2.7 lm/W 程度まで改善できると見込んでいる。

通常、コントラストの測定は暗室で行われるが、LCD のメリットとして、外光反射の影響を受けにくく、明るい環境下でも高コントラストを維持できるという特徴がある。これは

Table 2 Specifications of the 25 inch Plasmatron

Liquid crystal	TN
Color filter	RGB vertical stripe
Line scan	Progressive scan
Picture area	546 (W) × 307 (H) (mm ²)
Aspect ratio	16 : 9
Pixel number	854 (trio) × 480
Pixel size	0.64 (trio) × 0.64 (mm ²)
Brightness	250 (cd/m ²)
Contrast ratio	> 70 : 1
Color number	16 million
Power consumption	225 (w)
Dimension	840 (W) × 481 (H) × 242 (D) mm
Weight	19.8 (kg)
Viewing angle (contrast ratio 5:1)	90° (vertical) 120° (horizontal)

PALC においても同様であり、PDP や CRT に対して優れている点である。

電力は大部分がバックライトで消費され、プラズマセルの消費電力は 6 W である。

外寸はスタンド部分なども含んだセットの最大値であり、両面部分の厚さは、回路とバックライトも含めて 132 mm である。

視野角については、補正フィルムによる改善を行っているが、CRT などと比較してまだ十分ではないと認識している。視角の狭さについては LCD 共通の弱点であったが、最近の新表示モードの開発などで革新的な進歩を遂げつつあり、CRT と遜色ないレベルのものも開発されている。PALC においてもこれらの新技術を応用することにより、大幅な改善が可能と考えられる。

6. ま と め

PALC の構造と動作原理について概説し、

使用するガラス材料について要点を述べた。PALCにとって、マイクロシートを初めとするガラス材料はキーパーツの1つである。今後のガラス技術の進展が、PALCの進歩と共にあることを期待する。

参考文献

1) T. S. Buzak: Society for Information Display Sym-

posium Digest, 21, p. 420 (1990).

- 2) T. Kakizaki, S. Tanamachi, and M. Hayashi: Society for Information Display Symposium Digest, 27, p. 915 (1996).
- 3) T. Morita, T. Kakizaki, S. Tanamachi, and M. Hayashi: International Display Workshops Symposium Digest, Vol. 2, p. 423 (1996).