

AC 型 PDP の新駆動法の開発

Development of a New Driving Method for AC-PDPs

徳永 勉, 中村 英人, 鈴木 雅博, 三枝 信彦

Tsutomu Tokunaga, Hideto Nakamura, Masahiro Suzuki, Nobuhiko Saegusa

要 旨 AC 型 PDP (プラズマディスプレイ) の新駆動法 (「CLEAR: High-Contrast, Low Energy Address and Reduction of False Contour Sequence」方式) を開発した。

- (1) 十分なアドレスマージンを確保しつつ, リセット期間を 1TV フィールドあたり 1 回にすることができた。その結果, 『黒』表示時の輝度が下がり, 暗室コントラスト比 560:1 を達成した。
- (2) 各セルのアドレスパルスを 1TV フィールドあたり 1 回にすることで, アドレス駆動電力を削減した。
- (3) サブフィールドの発光パターンを連続的に配置することにより, 動画擬似輪郭妨害を原理的に解決した。

Summary A new driving method “CLEAR: High-Contrast, Low Energy Address and Reduction of False Contour Sequence” for AC-PDPs (Plasma Display Panels) has been developed.

- (1) Single reset period in a TV field was achieved with sufficient address margin. Consequently, black level's luminance decreases and dark room contrast ratio 560:1 is able to be achieved.
- (2) For every TV field, only a single address pulse is required per cell, the address driving power is decreased.
- (3) Because the sub-field's light-emission pattern is continually maintained, dynamic false contour does not occur in principle.

キーワード : AC 型 PDP, 暗室コントラスト比, CLEAR 法

1. まえがき

PDP (プラズマディスプレイ) は, 大画面・薄型・軽量・フラットという, 従来のディスプレイでは実現できなかった優れた特徴を持っており, 夢の壁掛けテレビの最有力候補である。画質上では, 画素毎の発光によるドットマトリクス系の画像表示のため, CRT (ブラウン管) のような周辺部のフォーカスポケ・色ズレ・歪みがなく, また自発光

のため LCD (液晶ディスプレイ) のような視野角上の問題がない。このように, PDP は理想的な画質のディスプレイとなる潜在能力があり, 近い将来 CRT に置き換わるディスプレイとして大きな期待を寄せられている。

当社が 1997 年に製品化した, 世界初の第 1 世代 50 インチハイビジョン PDP (PDP-501HD/MX) は, 上述のような理想的な画質特性を有し, かつ 1280 ×

768画素と高精細であるためハイビジョンやXGAコンピューターの高画質を余すことなく表現できるディスプレイとして大いに注目を集めた⁽¹⁾。しかし、『画像をもっと明るくできれば』『コントラスト感がもう少しあれば』さらにきれいなディスプレイになるという意見もいただいた。

上述の『画面輝度』『コントラスト比』を大幅に向上させ、かつ種々の画質改善を実現したのが、当社が1999年に製品化した第2世代50インチハイビジョンPDP(PDP-502HD/MX)である。従来のNTSC・MUSE・XGAのみならず、2000年12月から本放送が開始されたBSデジタルハイビジョン放送を、高輝度・高コントラスト・高画質・大画面で表示することのできるディスプレイとして、非常に好評を博している。そのPDP-502HDの製品外観を図1に示す。

今回は、第2世代50インチハイビジョンPDPに採用された新駆動法(CLEAR法 - High-Contrast, Low Energy Address and Reductin of False Contour Sequence[高コントラスト,低電力アドレス駆動,動画擬似輪郭妨害を低減した駆動シーケンス])⁽²⁾⁽³⁾について報告する。

2. 従来技術

1998年当時、当社のPDP駆動法で問題となった点が主に、

- (1) 低コントラスト比
- (2) 高消費電力
- (3) 動画擬似輪郭である。

の3つあった。以下、順を追って述べる。

2.1 低コントラスト比

放電特性を安定化させるために『黒』表示でも何回か放電が必要となり、この放電による発光のため『黒』表示の輝度が上がり、暗コントラスト比が低い画像となってしまふ。

図2は従来のサブフィールド構造を示している。この方式は、1TVフィールドを複数のサブフィールドに分け、その全てのサブフィールドに「リセット期間」「アドレス期間」「サスティン期間」が存在する方式である。

図3で示すように、リセット期間では、各セルの放電特性を安定化させるために全セル一斉にリセット放電を起こす。アドレス期間では、サスティン期間の「発光」「非発光」の制御を行う。『「アドレス放電が起きる」「サスティン放電が起き



図1 製品概観(PDP-502HD)

る』という論理の選択書き込み法と、『「アドレス放電が起きる」「サステイン放電が起こらない』という論理の選択消去法とがあるが、当社は選択消去法を採用している。サステイン期間での発光が、実際に表示される画像となる。

階調は、各々のサブフィールドにおいて、サステイン期間の「発光」「非発光」を独立に制御することによって表示することができる。一般的に、サステインパルス数は、各々のサブフィールド間で2の階乗となるように重み付けされている(図2参照)ので、例えば8サブフィールドでRGB各色256

階調が表示可能である。しかし、図2・図3のサブフィールド構造だと、例え「黒」を表示しても全てのサブフィールドでリセット放電発光および選択消去発光が起こるので、「黒」表示輝度が高くなり、暗室コントラストが悪化する。当社の第1世代モデルでは、基本的には図2のサブフィールド構造を用いているが、リセット放電時にはT字型サステイン電極の先端部に放電を集中させるモードを利用し、リセット放電発光を微弱化し、暗室コントラストの改善を行っている⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。しかし、第1世代モデルの暗室コントラスト比は220:1で

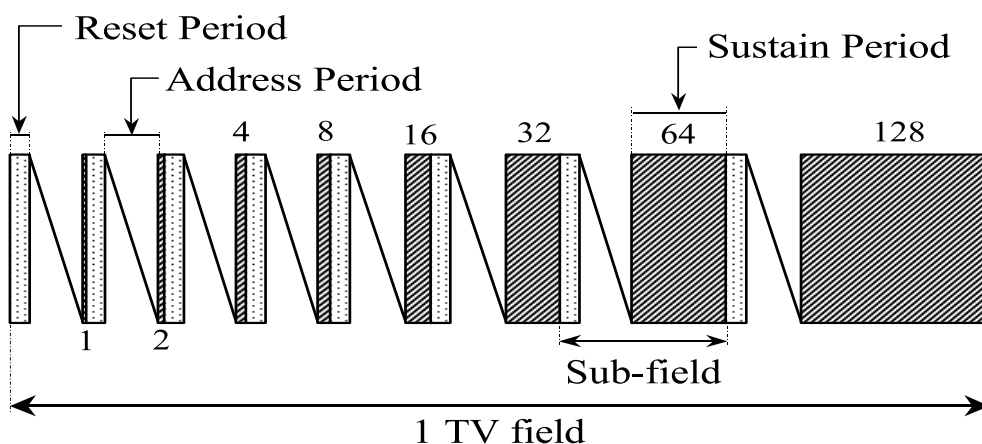


図2 従来法のサブフィールド構造

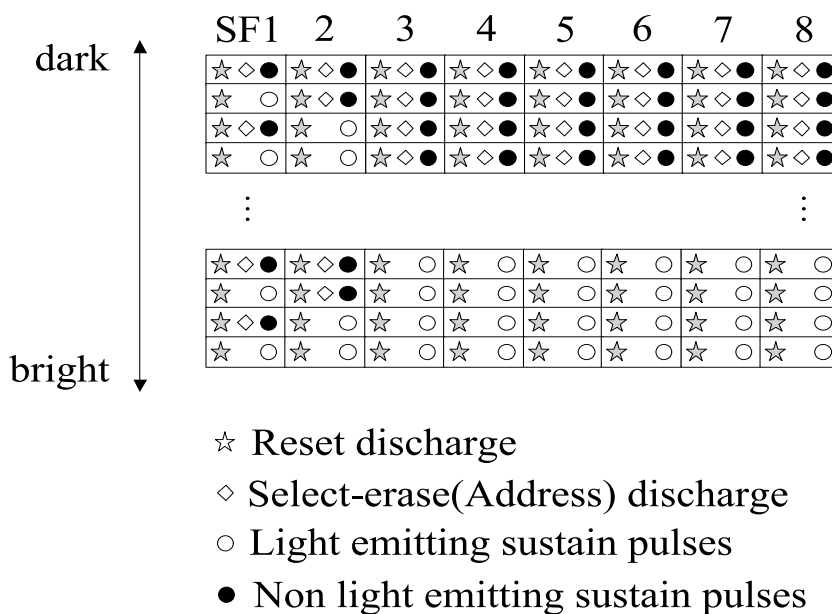


図3 従来法の階調表現

あり ,CRTと比較して不十分であった。

暗室コントラストを高くするため ,リセット放電を1TVフィールドの先頭に1回のみとするサブフィールド構造も検討したが ,アドレス時の誤放電が発生しやすくなるのが難点であった。あるサブフィールドで「サスティン放電するセル」と「サスティン放電しないセル」の2つの状態が存在すると ,次のサブフィールドの先頭パルスでの放電状態に差が生じてしまう。図2・図3のサブフィールド法だと ,サスティン期間の直後には全セルが放電するリセット期間があるため ,各セルの放電状態が再び揃い ,続くアドレス期間での放電は安定的になる。しかし ,各サブフィールド間にリセット期間がない場合 ,アドレス期間での誤放電が発生しやすくなり ,階調を正しく表示できない場合が発生する。

2.2 高消費電力

PDPを駆動するためには ,パネル発光表示のための印加パルス(サスティンパルス)の他に ,発光制御のための印可パルス(アドレスパルス)が必要となる。PDPは ,大型のため電気容量が大きく ,放電を起こさせるための駆動電圧も高い。消費電力を抑えるには 効率的な駆動が必須である。

従来のサブフィールド構造では ,図2・図3で示

すように ,サスティン発光の「ON/OFF」制御をするためのアドレスパルスが各セルに対し複数のサブフィールドで必要となるため ,アドレスパルスの駆動電力が大きくなってしまいうという欠点がある。その結果 ,セット全体の消費電力にも悪影響を与えてしまい ,第1世代モデルでは輝度を十分に上げられない要因の一つとなった。ちなみに ,PDP-501HD/MXのピーク輝度(前面フィルターなし)は , $350\text{cd}/\text{m}^2$ であった。

2.3 動画擬似輪郭妨害

従来のサブフィールド構造の場合 ,時間方向に離散的な発光の組み合わせで階調を表現しているため ,『動画擬似輪郭妨害』と呼ばれる等高線状のノイズが発生し ,大幅な画質の劣化となる。

ランプ信号のように ,空間的に輝度が緩やかに変化する画像があったとする(図4のOriginal Image 参照)。この画像が動き ,視線も動いた場合 ,従来のサブフィールド構造のディスプレイでは ,図4の矢印のように 視線がトレースする。このとき ,たとえ隣接したセル間の輝度差が小さい場合でも ,発光しているサブフィールドの時間的な配列が大きく変化してしまう場合があり得る。図4の例では ,中央の矢印の場合 ,本来は8SFのみ発光・または1~7SFのみ発光するような階調で

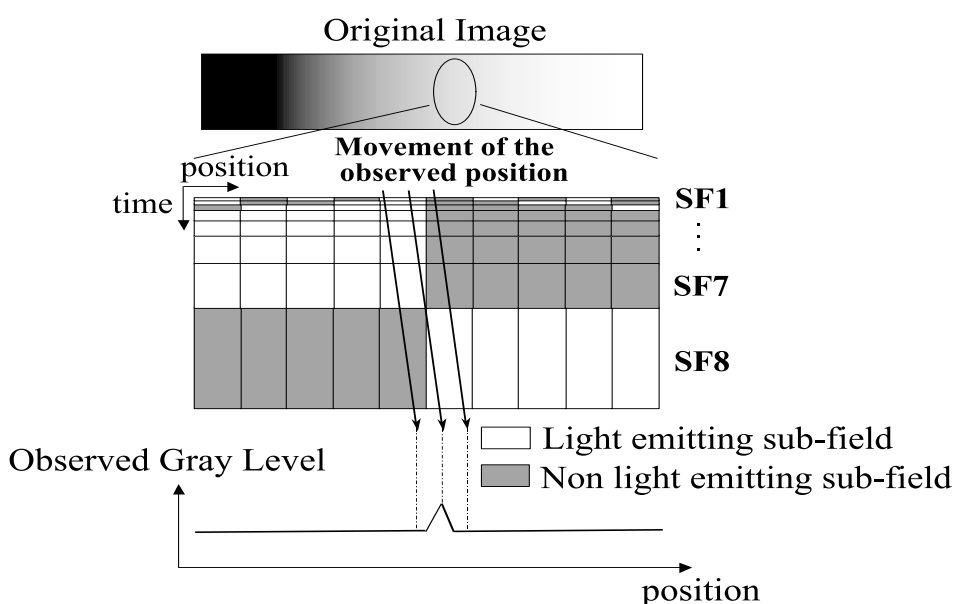


図4 従来法での動画像観察例

あるが、1～8SFまで連続して発光しているように視線がトレースしているため、その周辺と比較して異常に明るい線状ノイズがあるように見える。このようなメカニズムで発生する等高線状ノイズが動画擬似輪郭妨害である。

この擬似輪郭妨害を軽減するために、各社では様々な方法が試されているが、いくつかの欠点がある場合や、軽減効果が不十分な場合が多い。当社の第1世代モデルでは『マルチレベルサブフィールド法』⁽⁷⁾により擬似輪郭を低減していたが、発光に寄与しないサステインパルスが必要となり、消費電力を若干増大させてしまうなど、短所も併せ持っていた。

3. 新駆動法

上述の「低コントラスト比」「高消費電力」「動画擬似輪郭妨害」という三大問題点を、解決・または大幅に改善した新駆動法「CLEAR方式」を開発した。そのサブフィールド構造を図5に示す。

3.1 暗室コントラストの改善と高速アドレスの実現

この方式の階調表現におけるサブフィールド発光状態を図6に示す。CLEAR方式は、1TVフィールド期間中に「リセット」および「選択消去」が各セル1回ずつで済むサブフィールドの配列となっている。言い換えると、従来のサブフィールド法が各サブフィールドのサステイン発光の「組み合わせ」に

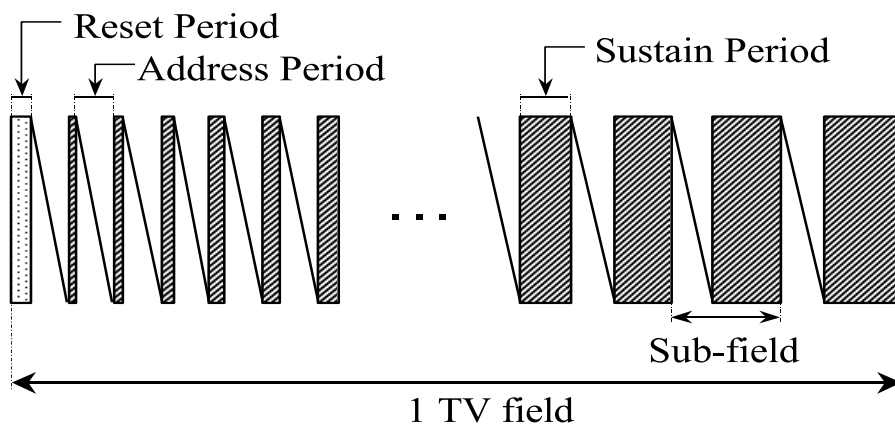


図5 新駆動法のサブフィールド構造

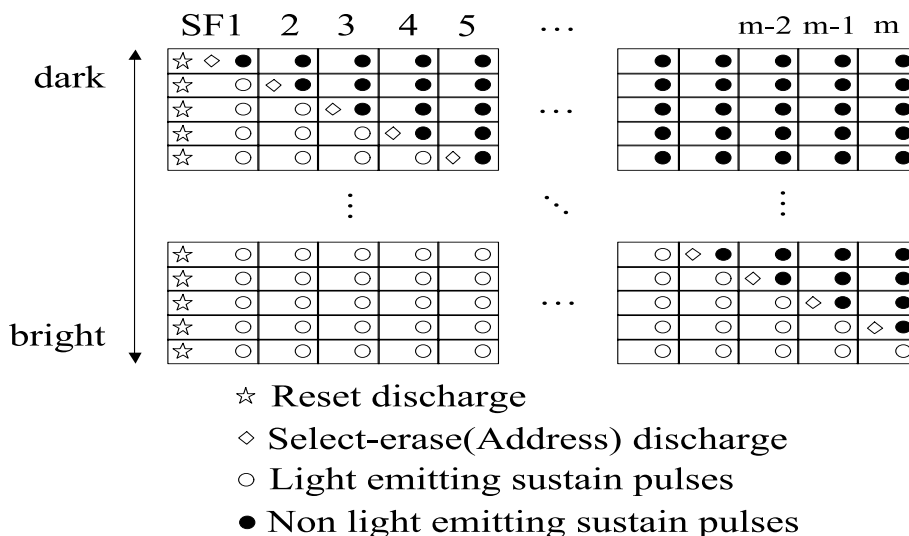


図6 新駆動法での階調表現

よって階調表現しているのに対して、新駆動法では各サブフィールドのサスティン発光の「単純な積み重ね」によって階調を表現しているのが特徴である。

この新駆動法では、アドレス放電する直前のサスティンパルス群(またはリセットパルス群)は必ず発光放電している。ここが、アドレス放電の直前に「発光」と「非発光」の2つの状態が存在する従来法と異なる点である。アドレス放電の直前は常に「サスティンパルス発光」または「リセットパルス発光」の状態にあるため、各セルのアドレス放電は常に安定的となり、サスティンパルスの誤放電が発生しにくくなった。

図7に、簡単なパネル構造と選択消去パルス・アドレスパルスの具体的な波形を示す。選択消去パルスはYサスティン電極を走査するパルスであり、アドレスパルスの『あり/なし』で各セルのサスティン放電発光を制御する。前述のように、『「アドレスパルスを出す」「アドレスパルス - 選択消去パルス間で放電が起きる」「サスティン放電が起こらない』という論理の選択消去法であ

る。アドレスパルス幅と選択消去パルス幅は等幅である。

図8にアドレスパルス幅と放電遅れの様子を示す。放電が始まってから、それが十分な強度まで成長するにはある一定の時間が必要となる。これが放電形成遅れである。また、放電遅れはある統計確率分布に従うため、複数回観測すると図8のように時間的にばらつきを持つ。このばらつき時間が放電統計遅れである。図8に示すように、放電形成 + 統計遅れがアドレスパルス幅(選択消去パルス幅と等しい)よりも時間的に短ければ、正しくサスティン放電を制御する(アドレスする)ことができる。しかし、アドレスパルスよりも時間的に長くなると、正しくサスティン放電を制御することができない。

図9にリセット期間からの経過時間 - 選択消去放電特性(測定値)を示す。ただし、図9の放電遅れ時間は、99.9%の放電が分布する時間でプロットしたものである。図9より、リセット放電からの時間が短いほど、選択消去放電(アドレス放電)の形成遅れ時間 + 統計遅れ時間が短くなっており、

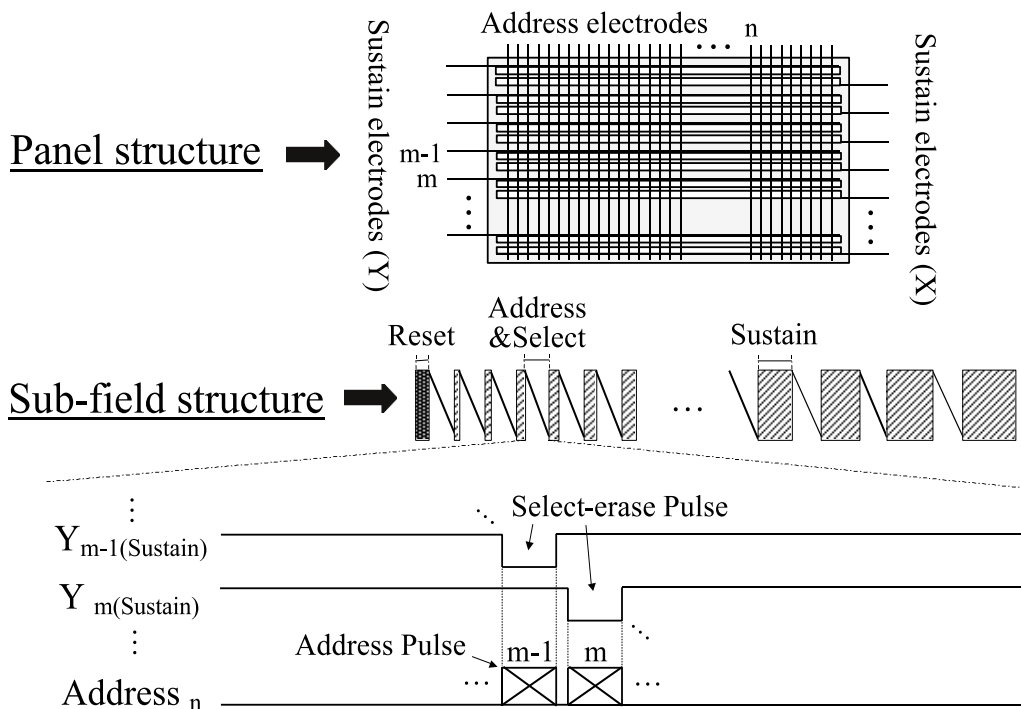
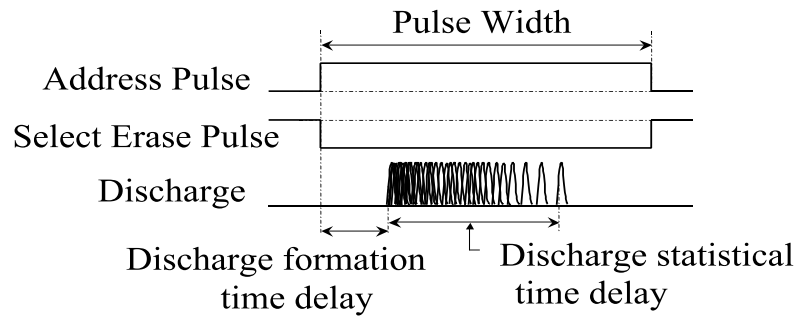


図7 パネル構造とアドレスパルス

高速アドレス走査が可能であることを示している。

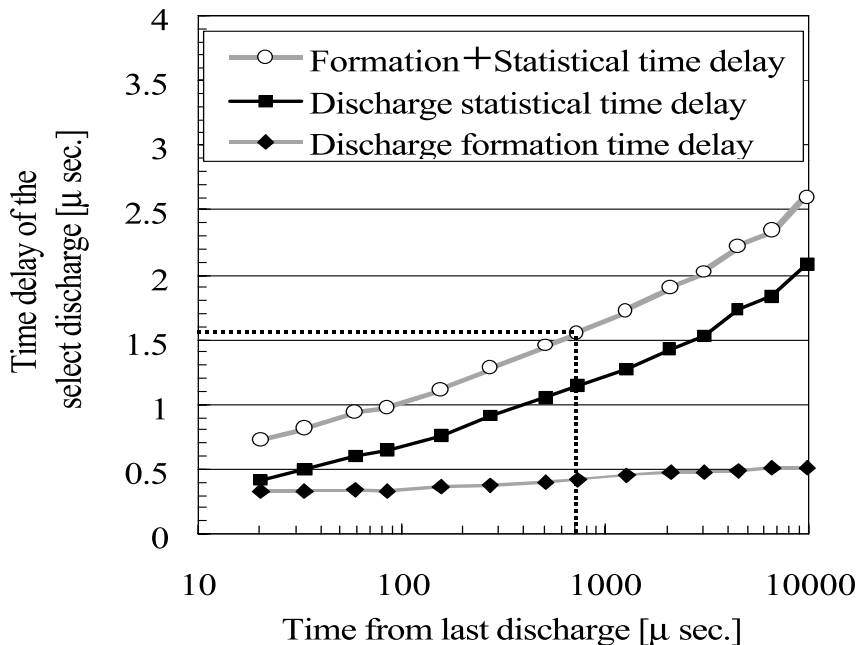
例えば、アドレスパルス幅=1.8 μs の場合、XGAクラスのPDPをアドレス走査するのに700 μs弱の時間が必要である(1.8 μs × vertical 768line/アドレス2分割 = 691.2 μs)。図9より、700 μs 経過したとき(XGAクラスのPDPの最終ラインに相当)、約1.6 μsの間に99.9%の放電が分布する

ことがわかる。新駆動法の場合、図6で示すように選択消去放電の直前に必ずサステイン放電またはリセット放電が存在するので、どのセルでも700 μs 以上放電間隔が空くことはない。よって、アドレスパルス幅=1.8 μs もしくは1.8 μs 未満でも、充分安定的にアドレスすることが可能である。



- ★ Pulse Width > Discharge formation + statistical time delay
→ Addressing will be successful
- ★ Pulse Width < Discharge formation + statistical time delay
→ Addressing will be unsuccessful

図8 放電形成遅れ・統計遅れ



**Characteristic of select discharge (after reset period)
[99.9%]**

図9 放電遅れ特性(実測値)

図10に新駆動法でのスキャンレート - 電圧マージン特性を示す。スキャンレートは1ラインあたりの走査時間であり、アドレスパルス幅や選択消去パルス幅と等しい。

図10より、スキャンレート $1.75 \mu s$ ならば、 V_{sus} (サスティンパルス電圧)マージン・ V_{sel} (選択消去パルス電圧)マージンとも、充分確保できていることがわかる。新駆動法の場合、1TVフィールドあたりのサブフィールド数をできるだけ多くした方が、表現階調数が多くなり、画質が向上するので(図6を参照)、高速アドレス(スキャンレートを短くすること)が望ましい。当社の第1世代モデルではスキャンレート= $2.2 \mu s$ であったので、新駆動法では、リセット回数を減らしたにも関わらず、より高速なアドレスが実現できたことになる。

以上より、1TVフィールドに1回のリセット期間のみで、高速アドレスと安定な電圧マージンを両立することができた。この結果、黒輝度を低減させ、暗室コントラスト比を560:1まで上げることが可能となった。

3.2 階調表現力の改善

この新駆動法を単純に適用した場合、図6より、表現できる階調数は[サブフィールド数 + 1]となるので、階調不足という問題が発生する。そのため、フィールド間で各サブフィールドの「サスティンパルス数」を変化させることで、倍以上の階調を得るという方法を採用した。例えば、1フィールドが m サブフィールドで構成され、 n フィールド間でサスティンパルス数を変化させると、 $[m \times n + 1]$ 階調が得られる。

図11では、2フィールド間でサスティンパルス数を変化させる例を示している。第1フィールドと第2フィールドのサスティンパルス数を図11(a)のように設定すると、眼の積分効果により、図11(b)のように約2倍の階調に見える。サスティンパルス数を変化させるフィールドを増やすことにより、さらに多くの階調を表現することができる。

さらに、図11(c)のように、「ディザ法」「誤差拡散法」を用いて階調を補間している。その結果、RGB各色において256階調を超える表示能力を得

V_{sel} : 選択パルス電圧

V_{sus} : サスティンパルス電圧

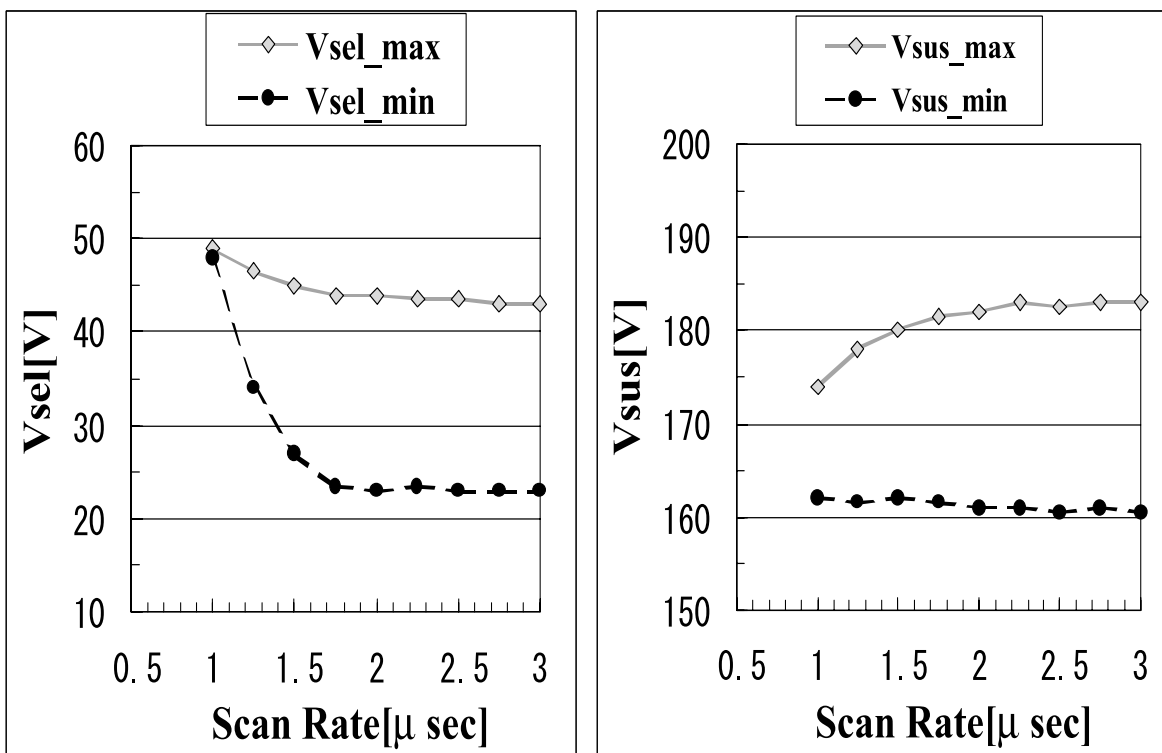


図10 スキャンレートー電圧マージン特性(新駆動法)

ている。

一方、従来の駆動法では発光特性がリニアなため、CRT同等の「ガンマ特性」を得るためにデジタル信号処理部で非線形補正を行っており、これが低輝度部の階調表現力の劣化を招いていた。新駆動法では、階調のリニアリティ特性を各サブフィールドのサスティンパルス数で自由に設定できるため、デジタル信号処理部での非線形補正を行わずにCRTと同じガンマ特性を持たせることが可能となった。これにより低輝度部での階調表現力も改善している。

3.3 動画擬似輪郭妨害の低減

従来の駆動法では、図3・図4のように各サブフィールドのサスティン発光の組み合わせが「離散的」になるが、新駆動法では、図6で示すように、1フィールド期間中のサスティン発光パターンが完全に「連続的な配置」となる。この場合、動画擬似輪郭妨害は原理的に発生しない。

図12を用いて具体的に説明する。図4と同様、空間的に輝度が緩やかに変化する画像があり、視線が動いたため図12の矢印のように視線がトレースしたとする。このとき、サスティン発光し

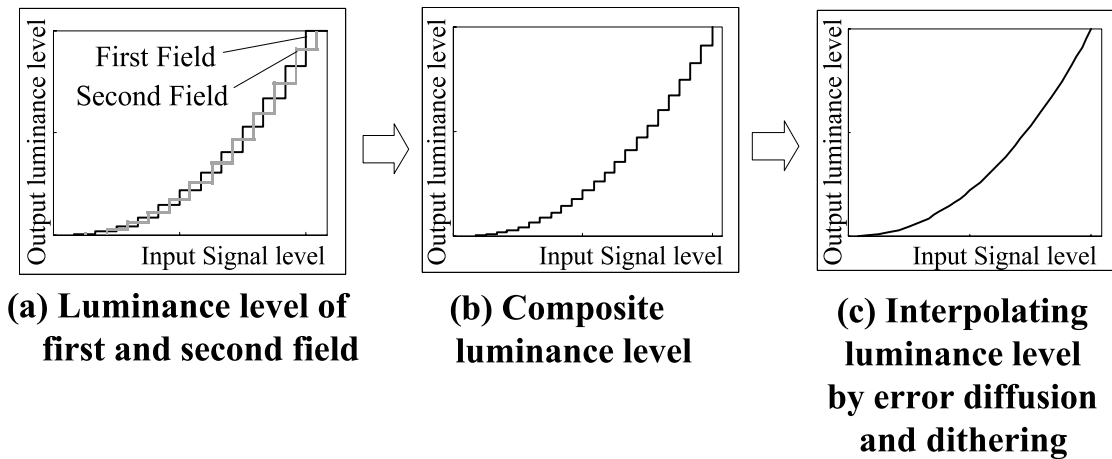


図11 階調数の改善方法

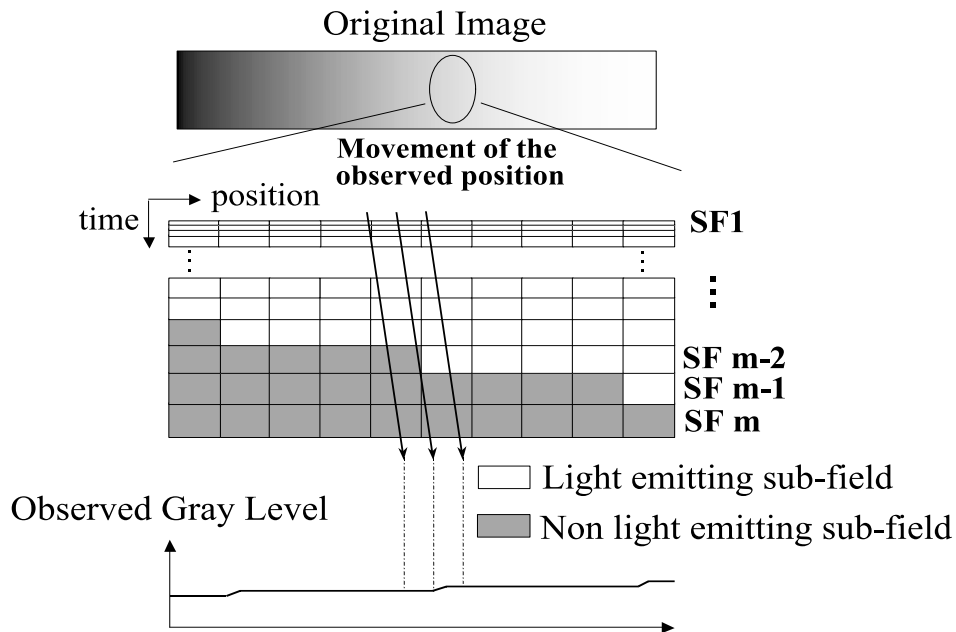


図12 新駆動法での動画像観察例

ているサブフィールドの時間的な配列が大きく変化
する階調は存在しない。よって、視線が移動して
サスティン発光するサブフィールドが時間的に重
なっても、隣接セルの階調を上回ることや下回
ることはない。すなわち、本来の画像とは異なる明
さの線が見えることはあり得ず、動画擬似輪郭妨
害を原理的に防止したのと等しい。

筆者らは、上述の理論をシミュレーションでも
検証した。図13はシミュレーションに用いたオリ
ジナル画像である。この画像を水平方向に8画素/
Fieldで動かしたときの、従来駆動法・新駆動法
でのシミュレーション画像を図14に示す。

図14左側『従来駆動法』では、顔・手・洋服な
どに、等高線状またはザラザラしたノイズが発生
している。しかし、図14右側の『新駆動法』では、
画像の劣化はほとんど見られない。PDPでの実画
像でも、シミュレーションとほとんど同じ結果が
得られている。

上述のようにCLEAR法にすることにより、静止
画像表示とほとんど同じクオリティの動画像表
示が可能となり、全体的な画質が向上した。また、
第1世代モデルで行っていた擬似輪郭低減法のよ
うな、例えば消費電力が若干増えるなどというデ
メリットも存在しない。

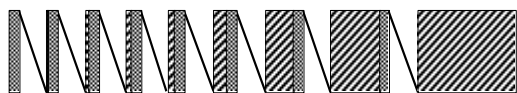
3.4 アドレス駆動電力の低減

この新駆動法では、図6で示すように、1フィー
ルド期間中のサスティン発光パターンが完全に
「連続的な配置」となる選択消去法なので、サス
ティン発光させるサブフィールドはアドレスパル
スを印加する必要がない。また、一度消去した表
示セルは、1フィールド期間内では再び消去させ
る必要がない。よって、1セルあたりの1フィー
ルド内のアドレスパルスは、1回で充分である。こ
れにより、複数のサブフィールドに対してアドレ
スパルスが必要だった従来法と比べ、アドレス駆
動電力が大幅に低下した。第2世代モデルでは、

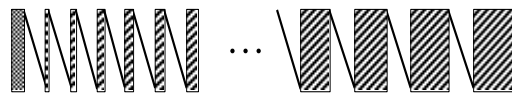


図13 オリジナル画像

Conventional method



New method



Horizontal moving speed is 8 pixels/TV Field
(Original image size is 640 × 480 pixels)

図 14 シミュレーション画像の比較

低下したアドレス電力分をサスティン発光電力として利用することで、より明るい表示画像を実現している。

第2世代モデルでは、CLEAR法の他にセル構造の改善などがあったため、パネル単体のピーク輝度を560cd/m²まで上げることができた。

4. まとめ

第1世代PDPの主な問題点を解決する新駆動法(CLEAR方式)を開発した。

- (1) サブフィールド構造および階調表現方法を工夫することで、アドレス放電を安定化させ、十分なアドレスマージンを確保しつつ、リセット期間を1TVフィールドあたり1回に削減することができた。その結果、『黒』表示時の輝度が下がり、低輝度部の階調表現力も改善した。暗室コントラスト比は、第1世代モデルは220:1であったが、第2世代モデル

では560:1を達成した。

- (2) 各セルのアドレスパルスを1TVフィールドあたり1回にすることで、アドレス駆動電力を削減した。第1世代モデルのパネル単体のピーク輝度は350cd/m²であったが、削減した電力分をサスティン発光電力として利用し、またセル構造の改善により発光効率も向上したため、第2世代モデルでは560cd/m²まで上げることができた。

- (3) サブフィールドの発光パターンを連続的に配置することにより、デメリットを生じることもなく、動画疑似輪郭妨害を原理的に解決した。

今後、次世代PDPの開発は、さらなる高輝度・高発光効率・低消費電力を目指す。ブレークスルーが必要となるかもしれないが、画期的なアイデアを出して、是非他社の追随を許さない素晴らしいディスプレイを開発していきたい。

5. 謝辞

新駆動法の開発に協力をいただいた 静岡パイオニア(株)技術統括部・甲府生産部ならびに パイオニア(株)光技術センターの関係各位に感謝します。

参考文献

- (1) 小口,宮崎,三枝:50インチAC型ハイビジョンPDPの開発, PIONEER R&D, 1998 Vol.8 No.3
- (2) 小牧,三枝,長久保,雨宮,江部,佐藤:新駆動法の採用で,PDPの画質を上げる,日経エレクトロニクス pp.153-162, 1999.10.04(No.753)
- (3) T. Tokunaga, H.Nakamura, M.Suzuki, N. Saegusa: Development of New Driving Method for AC-PDPs, IDW'99 P.787-790 (1999)
- (4) K. Amemiya, T. Nishio:Improvement of Contrast Ratio in Co-Planar Structured AC-Plasma Display Panels by Confined Discharge near the Electrode Gap, IDW'97, P.523-526(1997)
- (5) K.Amemiya, T.Komaki, T.Nishio:High Luminous Efficiency and High Definition Coplanar AC-PDP with "T"-shaped Electrodes ,IDW'98 P.531-534(1998)
- (6) T.Nishio, K.Amemiya :High Luminance and High Definition 50-in. Diagonal co-planar Color PDPs with T-Shaped Electrodes, SID'99, P.268-271 (1999)

- (7) T. Shigeta, N. Saegusa, H. Honda, T. Nagakubo, T. Akiyama: Improvement of Moving-Video Image Quality on PDPs by Reducing the Dynamic False Contour, SID'98, 287-290(1998)

筆者

徳永 勉 (とくなが つとむ)

- a. 静岡パイオニア(株)・技術統括部・第1技術部
- b. 1992年4月
- c. 有機EL駆動回路の開発を経て, 1994年よりPDPの開発に従事。

中村 英人(なかむら ひでと)

- a. 静岡パイオニア(株)・技術統括部・第1技術部
- b. 1998年4月
- c. 入社時よりPDPの開発に従事。

鈴木 雅博(すずき まさひろ)

- a. 静岡パイオニア(株)・技術統括部・第1技術部
- b. 1989年4月
- c. CRTディスプレイ設計・電気部品開発の業務を経て, 1994年よりPDPの開発に従事。

三枝 信彦(さえぐさ のぶひこ)

- a. 静岡パイオニア(株)・技術統括部・第1技術部
- b. 1982年4月。
- c. CRTディスプレイ・プロジェクションTVなどの開発を経て, 1992年よりPDPの開発に従事。