

壁電圧伝達曲線を用いた AC 型 PDP の特性評価

Characterization of AC-PDPs using Wall Voltage Transfer Curves

あらまし

カラーPDP(プラズマディスプレイ)は、来たるマルチメディア時代に対応し、より一層の高画質化と低消費電力化が望まれている。そのためには放電現象を理解し、その上でデバイス構造と駆動方式の両面から開発を進めていく必要がある。ところがデバイス構造や駆動波形が定量的に放電特性にどう結びつくかはいまだ明確にされていない。

本稿ではAC型PDPのデバイス構造と駆動方法について概説する。つぎにPDPの放電現象とデバイス動作について述べ、PDPの放電特性を定量化した特性曲線である壁電圧伝達曲線を説明する。この曲線は放電特性曲線であるだけでなく、PDPの駆動波形を設計する上でも重要である。最後に画素セル構造の異なるパネルの壁電圧伝達曲線の測定結果、および構造と放電現象との関係について述べる。

Abstract

Color plasma display panels (PDPs) are key devices for multimedia networking. They are expected to improve in terms of picture quality and power consumption. To achieve these improvements, it is necessary to better understand the discharge phenomena of PDPs and develop better device structures and driving schemes. However, it is not clear how the device structure and driving waveforms should be changed to improve PDP characteristics.

This paper describes the device structure and driving scheme of our color PDPs. We begin by explaining the discharge sequence of AC-PDPs and their device properties. Then, we introduce the characteristic curve (wall voltage transfer curve) that shows the dependence of wall voltage change during discharge on the voltage across the discharge gap at the beginning of discharge. This characteristic curve can also be used for designing the driving waveform of PDPs. Finally, we present the curves measured from different device structures and discuss the relationship between the discharge phenomena and the structure.



崎田康一 (さきた こういち)

1989年神戸大学大学院工学部電子工学科修士課程了。同年(株)富士通研究所入社。以来化合物半導体デバイスの研究、PDPの開発に従事。ペリフェラルシステム研究所ディスプレイ研究部



橋本康宣 (はしもと やすのぶ)

1985年東京大学大学院理学系物理学修士課程了。同年(株)富士通研究所入社。以来光ディスク媒体の開発、生体信号を用いたデータ入力方式の研究、PDPの開発に従事。ペリフェラルシステム研究所ディスプレイ研究部

ま え が き

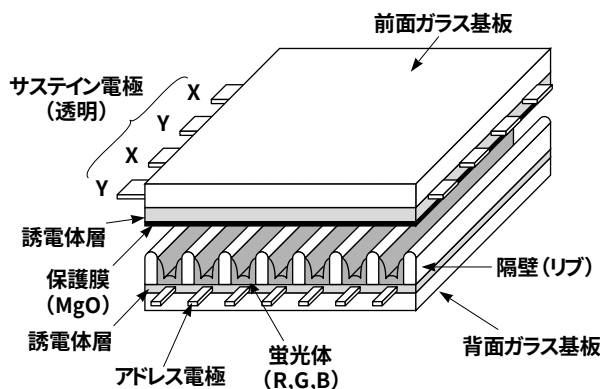
PDP(プラズマディスプレイパネル)は、気体放電に伴う発光を利用した表示デバイスである。自発光で見やすいこと、視野角が広いこと、大画面化が可能なこと、駆動スピードが速いといった特徴を持ち、マルチメディアディスプレイ機器として注目されている。富士通は42型フルカラーTVの開発を先駆け、また25型SXGA(1,280 × 1,024画素)カラーモニタも開発してきた^{(1),(2)}。PDPは、今後更に高画質化や低消費電力化などの性能向上を図り、マルチメディアネットワーク社会の中心的な表示装置として活躍していくことが期待されている。性能を向上させるためには、気体放電現象からデバイス動作を理解し、特性の比較・検討が必要である。

PDPにはAC型とDC型の二つのタイプがあるが、本稿ではAC型PDPについて説明する。最初にPDPのデバイス構造と駆動方法について概説する。つぎにPDPの放電現象とデバイス動作について説明し、特性曲線である壁電圧伝達曲線を紹介する。最後に特性の比較例として、画素セル構造の異なるパネルの壁電圧伝達曲線の実測結果を示す。

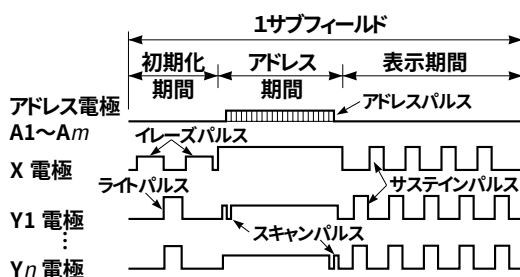
PDP の構造と駆動方法

最初にPDPの構造と駆動方法について述べる。図-1(a)はAC型カラーPDPの構造図である。電極を配置した前面・背面の2枚のガラス基板を貼り合わせ、Ne-Xeなどのガスを封入する。前面基板には表示用サステイン電極(X電極とY電極)、背面基板にはセルの表示/非表示選択用アドレス電極を配置する。1本のアドレス電極と1組のサステイン電極(X電極1本、Y電極1本)とが交差した空間がPDPの単一セルになる。アドレス電極とY電極との間の対向放電で表示したいセルの選択を行い、X電極とY電極との間の面放電で表示発光を行うので、この構造を3電極面放電構造と呼ぶ。サステイン、アドレス両電極上に誘電体層を形成する。前面基板の誘電体層上には二次電子放出係数の高いMgO保護膜を蒸着する。背面基板のアドレス電極間を隔壁(リブ)で分離する。リブ間にはRGB3色の蛍光体を埋め込む。蛍光体は放電で生じた紫外線によって励起され、可視光を発する。

図-1(b)はPDPの各電極に印加する駆動波形シーケンス(1サブフィールド)である。初期化期間・アドレス期間・表示期間で1シーケンスを構成する。表示すべきセルの選択・非選択は、アドレス電極に印加するアドレスパルスとY電極に印加するスキャンパルスの組合せで行う。AC型PDPでは後述する壁電荷が重要な役割を果たす。壁電



(a) AC型カラーPDPの構造



(b) 駆動波形シーケンス

図-1 AC型カラーPDPの構造と駆動波形
Fig.1-Structure and driving schemes of AC-color PDPs.

荷の存在するセルは放電を持続し、存在しないセルは電圧を加えても放電しない(メモリ特性)。各期間では次の動作を行う。初期化期間に壁電荷のリセットを行う。アドレス期間では表示したいセルに壁電荷を形成する。アドレス期間中に壁電荷を生成したセルは表示期間のサステインパルスで放電を持続する。一方、壁電荷が形成されていないセルは表示期間でも放電しない。

画素表示にはいろいろな駆動方式があるが、輝度や効率などの特性は駆動方式に大きく依存するので、駆動方式を固定してPDPのデバイス特性を比較するのは適切であるとは言えない。またセル構造の最適化などには、駆動方式に依存しないデバイス特性の評価方法が必要である。

壁電荷と壁電圧伝達曲線

壁電圧伝達曲線はAC型PDPの放電特性曲線である。この曲線は、

- (1) 放電の大きさを表す量(壁電圧の変化)と放電空間にかかる電圧の関係を示すので、放電現象とデバイス構造との関係を定量化できる。
 - (2) 壁電圧伝達曲線から駆動条件が計算できる。駆動条件の最適化など駆動波形の設計に利用できる。
- といった特徴を持つ。

最初に壁電圧伝達曲線が放電特性曲線であることに重点をおき、放電過程と壁電圧伝達曲線について説明する。つぎに壁電圧伝達曲線を用いた駆動動作解析について述べる。

● 放電過程と壁電圧伝達曲線

図-2(a)は1セルX-Y電極間の面放電に着目した構造図である。AC型PDPでは、電極と放電空間との間に誘電体が介在し、この間には電流経路がない。そのため前の放電で電離した電荷(イオン・電子)が誘電体表面上に残留する。これを壁電荷とよぶ。壁電荷は放電空間内の電界強度に影響を及ぼし、放電空間にかかる電圧(以後、ギャップ電圧： V_c)は、壁電荷がつくる電圧成分(壁電圧)と端子電圧成分との和となる。

図-2(b)は放電と壁電圧(壁電荷)の生成過程を示したものである。初期状態は、印加電圧は0V、残留壁電荷による初期壁電圧が V_{w0} である。印加電圧が0Vから V_A に変わり、印加電圧の変化に対して変位電流が流れる。このときギャップ電圧は $V_A + V_{w0}$ となる。放電空間内の電界強度が気体の電離を引き起こす程度に達すれば、放電が始まる。いったん電離が起ると生成した電子が次々に他の気体分子に衝突し、さらに電離を加速する。気体の電離がどんどん進むと、放電空間内の電界を中和するように壁電荷を形成していく。この間放電電流はギャップ電

圧を減少させるように流れる。壁電荷の生成により放電空間の電界強度が弱まり、電離が継続できなくなると、放電が終息する。放電で生じた壁電荷は、新たな電荷状態を形成する。

以上の放電過程を定量化するには、放電の大きさを表す量とその大きさを決めている量との関係を調べることが適切である。放電の大きさを表す量が壁電荷の変化(壁電圧の変化： ΔV_w)に対応し、放電量を決めている量が放電直前のギャップ電圧に対応する。壁電圧伝達曲線はこの関係をプロットしたものである{図-2(c)}。壁電圧伝達曲線は、次の性質を持つ。

- (1) ギャップ電圧が大きいほど放電強度も強くなるので単調に増加する曲線である。
- (2) ギャップ電圧が小さいと放電が起らず、電離を始める臨界値を超えると放電を開始するので、臨界電圧値から立ち上がる曲線である。
- (3) 放電はギャップ電圧を小さくするように作用するが、ギャップ電圧の符号を反転するまでには至らない。そのため壁電圧伝達曲線は直線 $\Delta V_w = V_c$ より下にあり、高いギャップ電圧ではこの直線に漸近する。

以上のように壁電圧伝達曲線はAC型PDPの放電特性を記述し、セル構造の放電特性への影響などを調べるのに適している。

● 壁電圧伝達曲線を用いた駆動動作解析⁽³⁾

壁電圧伝達曲線が駆動動作解析に利用できることを述べる。壁電圧伝達曲線を用いてメモリ動作、書込み/消去動作について説明する。

図-3(a)で定常状態での動作を壁電圧伝達曲線を用いて説明する。電圧値 $\pm V_s$ の繰返し矩形波をX、Y電極間に印加してPDPを駆動する。この駆動波形は図-1(b)の表示期間の波形に相当する。放電が定常状態に達しているとすれば、壁電圧は常に $\pm V_{ws}$ の値をとり、放電が起こるとに $2V_{ws}$ 変化する。この条件から壁電圧伝達曲線グラフ上に $(V_s, 0)$ を通り、傾き2の動作直線を描くことができる。直線と壁電圧伝達曲線との交点が定常動作点である。壁電圧伝達曲線の微分値が2以下の領域での交点は安定点、2以上の領域での交点是不安定点である。図では二つの安定点と一つの不安定点を持つ例を示す。二つの安定点のうち一つはセルが点灯している状態に対応し、壁電圧変化が大きな値を持つ。もう一つはセルが点灯しない状態に対応し、壁電圧変化が0である。同じ振幅の駆動波形でも、点灯・非点灯の双安定状態が存在するので、この現象を利用してメモリ動作をさせている。メモリマージンは、点灯状態から振幅を徐々に下げていき非点

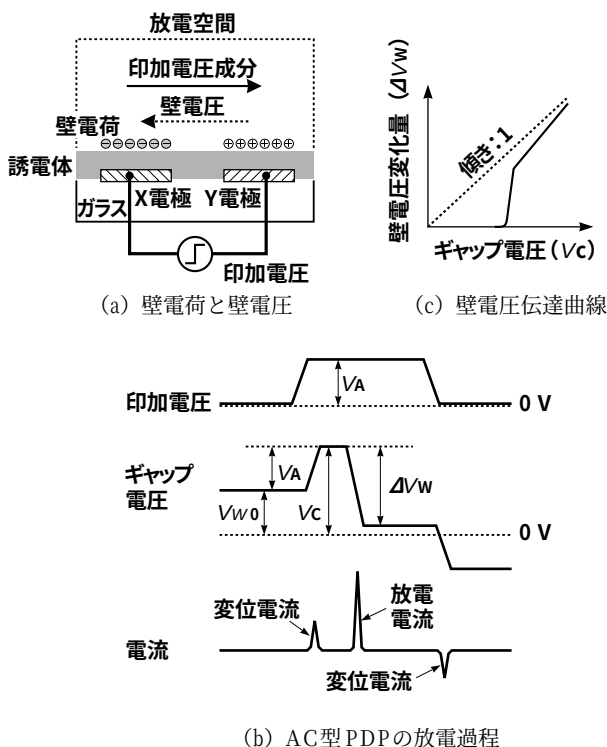
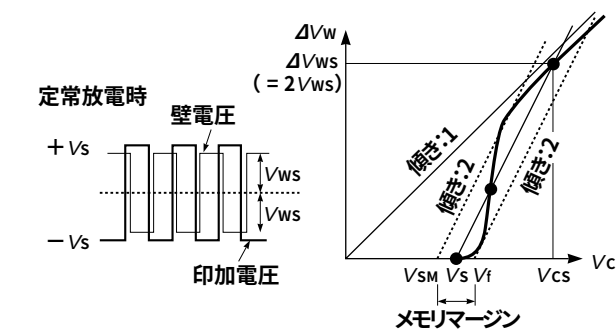
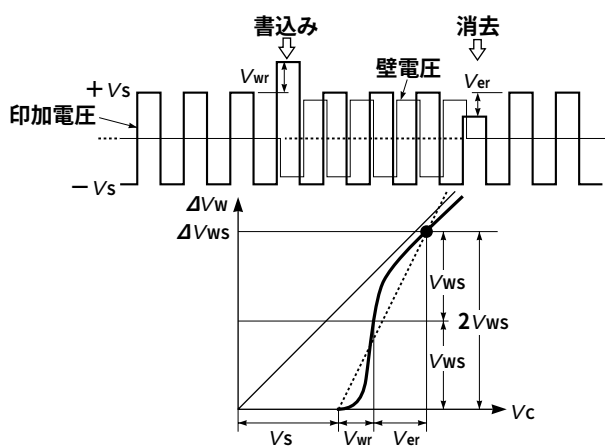


図-2 放電過程と壁電圧伝達曲線
Fig.2-AC-discharge sequence and wall voltage transfer curve.



(a) 定常動作解析



(b) 書き込み/消去動作解析

図-3 壁電圧伝達曲線を用いた駆動動作解析

Fig.3-Analysis of PDP's operation with wall voltage transfer curve.

灯状態になる電圧(最小維持電圧 V_{SM})と、逆に非点灯状態から振幅を徐々に上げていき点灯を開始する電圧(放電開始電圧: V_f)との差で規定する。メモリマージンが大きいほどPDPを安定に駆動できる。

図-3(b)で書き込み消去動作を説明する。書き込みパルス以前の壁電圧を0と仮定した。書き込みには、壁電圧を定常壁電圧値 V_{ws} に変化させる必要がある。壁電圧伝達曲線上でこの点は定常動作点 ΔV_{ws} を2等分した点である。したがって、壁電圧を $\Delta V_{ws} / 2$ だけ変化させるのに必要なギャップ電圧から、書き込み電圧 V_{wr} が求まる。消去動作も同様に説明することができる。以上のように壁電圧伝達曲線は定常動作だけでなく、非定常動作の解析にも利用できる。

以上述べたように、壁電圧伝達曲線を用いるとPDPセルをどういう条件で駆動すればよいか分かる。この曲線を用いた駆動波形設計法は非常に有効である。

壁電圧伝達曲線の測定

外部から観測できる電気量は電流と印加電圧のみである。そのため壁電圧伝達曲線を直接測定することはでき

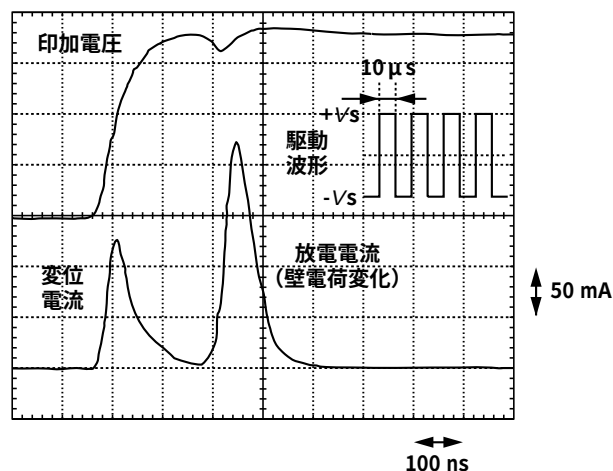


図-4 AC型PDPの放電電流

Fig.4-Gas-discharge current in AC-PDPs.

ない。壁電圧伝達曲線は、放電電流(放電電荷)の測定から求めることにした。放電計測の分野ではパネルに直列に十分大きな容量を接続し、容量の両端の電圧から放電電荷を計測する方法が用いられている。しかし最近電流プローブの帯域が向上してきたので、直接電流波形をデジタルオシロスコープで測定し、積分処理から放電電荷を求めることにした。電流を測定する場合、容量の耐圧や線形性などの問題に煩わされないで済む。また放電遅れといった量も測定することができる。実験には表示領域約 $250 \times 190 \text{ mm}^2$ 、ピクセルピッチ 0.39 mm 、ピクセル数 640×480 の高精細仕様の実験パネルを用いた。観測電流のSNを上げるため、 640 ピクセル($640 \times \text{RGB3}$ セル)の電流を測定した。

放電電流を測定する上で評価用駆動回路には注意が必要である。駆動回路の立ち上がり速度が遅く、立ち上がり途中で放電が起こったり、駆動側の出力インピーダンスが大きいと放電形態自身に変化してしまう恐れがある。そこで立ち上がり時間が保証された低インピーダンスの評価用駆動回路を作製した。駆動回路の性能は、最大振幅 400 Vpp 、負荷 100 pF のときの立ち上がり 100 ns 、負荷 $1,000 \text{ pF}$ では 300 ns である。また電圧波形が測定系での反射によって歪まないように、実装系にも注意した。

図-4はPDPのX-Y電極間に印加電圧を加えたときの電流波形である。パネルの駆動には図中の繰返し矩形波の駆動波形を用いた。最初の電流ピークが変位電流であり、後の電流ピークが放電電流である。放電遅れがあるため、変位電流のピークから約 250 ns 経過したところに放電電流のピークがある。

放電電荷と印加電圧の関係を図-5に示す。放電電荷は放電電流成分を数値積分を用いて計算した。壁電圧伝達

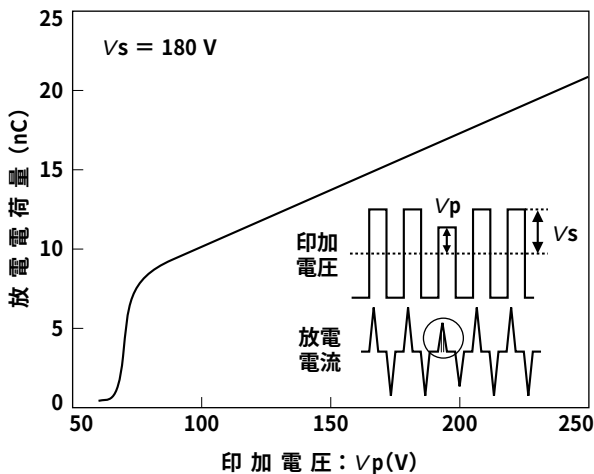


図-5 放電電荷と印加電圧との関係
Fig.5 Gas-discharge charge vs. applied voltage.

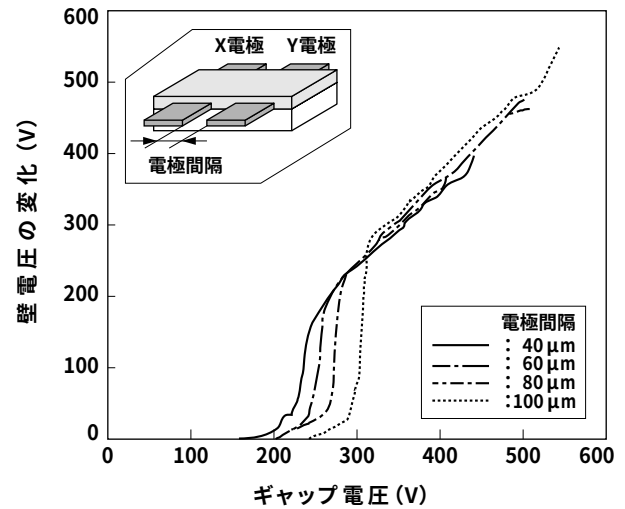
曲線の非定常領域(微分値2以上の領域)の電荷を観測するため、振幅 $\pm V_s$ の十分長い繰返し矩形波列の後に摂動パルス V_p を付加したものを用いた。 V_s は180 Vとした。摂動パルス V_p を印加する直前の放電は定常状態に達しており、壁電圧は一定値である。したがって、この図の横軸に定常壁電圧を加えたものが壁電圧伝達曲線の横軸に対応する。縦軸は構造から決まる容量を用いて電圧値に変換することができる。この測定結果では、曲線は V_p が60 V付近で立ち上がり、80 V以上の高電圧では一定に増加している。縦軸の縮尺と横軸のオフセットが決まれば、壁電圧伝達曲線は放電電流の測定から得ることができる。

パネル構造と壁電圧伝達曲線

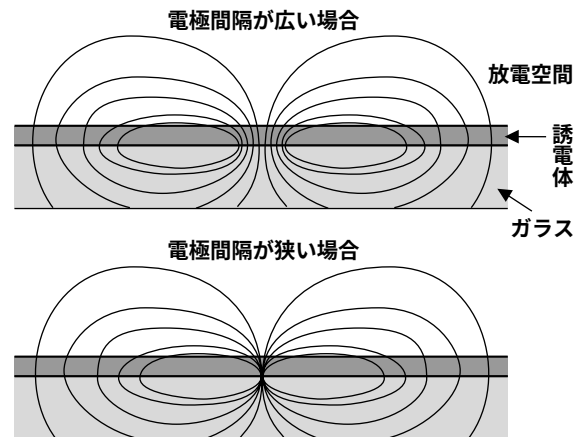
ここではX-Y電極間面放電の壁電圧伝達曲線の実測例を示す。対向放電型PDPの測定報告例⁽⁴⁾はあるが、面放電型のものとしては初めての測定結果である。放電電荷量から壁電圧変化量への変換係数は、デバイス構造の幾何学的な形状から見積もった。また横軸のオフセットは変換係数容量と定常点での電荷量から算出できる。

図-6(a)は壁電圧伝達曲線の電極間隔依存性を示す。評価したパネルの電極間隔は40, 60, 80, 100 μm である。電極間隔が狭いほど、低いギャップ電圧で壁電圧伝達曲線が立ち上がる。一方、傾き1の直線への漸近領域では、電極間隔にはほとんど依存しない。以上のような特性から立ち上がり電圧が大きいほど、メモリマージンが広くなることが分かる。すなわち電極間隔が広いほど、メモリマージンも広い。電極間隔を小さくすると低電圧化には有利であるが、メモリマージンは劣化する。

電極間隔が狭いほど立ち上がり電圧が低くなるのは、放電開始のしやすさで説明できる。一般に放電の開始は放



(a) 壁電圧伝達曲線の電極間隔依存性



(b) 電極間隔を変えたときの電位分布 (等電位線)

図-6 電極間隔を変えたときの壁電圧伝達曲線
Fig.6-Wall voltage transfer curves with various slit widths.

電空間内の最大電界強度が臨界値に達したときに起こる。図-6(b)にX-Y電極近傍の電位分布を示す。電界強度の最も高い部分は二つの電極間の中央付近である。電極間隔が狭くなると電極間の等電位線が密になり、放電空間内でもその近傍の2電極間中央直上付近の電界強度が強くなる。したがって狭い電極構造ほど放電を開始しやすくなる。

以上パネル構造と壁電圧伝達曲線の間係を調べ、構造と放電特性との関係の定量化例を示した。

む す び

AC型PDPの放電特性を定量化した特性曲線である壁電圧伝達曲線は特性比較を行うのに有用であるだけでなく、駆動波形の設計・動作解析にも利用できることを述べた。また、画素セル構造の異なるパネルの壁電圧伝達

曲線の実測値の比較を行い、構造と放電特性との定量的な関係を調べた。今後、より系統的なデータを測定し、PDP設計に役立てていきたい。

参考文献

- (1) T. Hirose et al., Performance Features of a 42-inch.-Diagonal Color Plasma Display. Society for Information Display International Symposium Digest of Technical Papers Vol.XXVII. San Diego, 1996-05, SID, pp.276-282.
- (2) F. Namiki et al., Characteristics of a High Resolution Full-Color Plasma Display Panel with 0.39-mm Pixel Pitch. Proceedings of The Fourth International Display Workshops. Nagoya, 1997-11, SID Japan Chapter, pp.515-518.
- (3) H. G. Slottow : The Voltage Transfer Curve and Stability Criteria in the Theory of the AC Plasma Display. *IEEE Transactions on Electron Devices*, **ED-24**, 7. pp.848-852(1977).
- (4) L. F. Weber : Measurement of Wall Charge and Capacitance Variation for a Single Cell in AC Plasma Display Panel. *IEEE Transactions on Electron Devices*, **ED-24**, 7. pp.864-869(1977).

