ゲッターによるプラズマディスプレイ排気プロセスの改善

前 田 千 春*

(受理2000年2月1日, 掲載決定2000年7月1日)

Improvement of Pumping Process for Plasma Displays by Getters

Chiharu MAEDA

(SAES Getters Japan Co., Ltd, Higashi Gotanda 5-23-1 Shinagawa-ku, 141-0022 Tokyo)

(Received February 1, 2000, Accepted July 1, 2000)

1. はじめに

プラズマディスプレイ (PDP) の動作原理は照明用蛍光灯のそれとよく似ており, 電界中の気体放電を利用している。PDPには数万 Pa の He または Ne と数%の Xe が封入される。封入ガス中の不純物の H_2 が 1% 未満であっても, 蛍光灯のスタート電圧を倍加させることはよく知られているが, PDP においても H_2O , O_2 , CO_2 , N_2 などの不純物ガスが少なくとも 20 ppm あれば, AC 型 PDP の動作電圧を増加させるという報告がある¹⁾。このことから不純物ガスが PDP の動作条件に悪影響を及ぼすことが懸念される。

PDP は 2 枚のガラス板が約 0.1 mm の隙間を保って表示セルを構成する隔壁をはさんで張り合わされ, ガスが封入されている。しかも薄い内部空間は約 0.3 mm 間隔の隔壁リブで区切られ, そのコンダクタンスが非常に小さく, 排気工程で除去しきれず製品完成後のパネルに汚染物質として残留するガスは, PDP 中の不純物ガス量の少なくない部分を占める。残留ガスを可能な限り除去するには, 長時間の排気が必要である。この長時間の排気プロセスがライン全体の律速工程になっている。

ここでは, ゲッターをパネル内部に配置し, ベーキング中に in-situ ポンプとして使用することで, 排気時間を短縮し, 到達圧力を下げる方法について述べる。

図1 PDP 封着・排気プロセス。

2. ゲッターの in-situ ポンプ効果

隔壁リブやその他の電極構造を形成した後, 前面と背面の 2 つのガラス基板は, 周囲をフリットガラスで封着され, その後内部を排気しながら 300~400°C でベーキングされる。図1に封着・排気プロセスの代表的な例を示す。

排気ベーキング中, パネルは細い排気管で排気装置に接続されている。排気管は例えば内径 3 mm 長さ 10 cm 程度のもので, その 350°C でのコンダクタンスは約 $4.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ である。真空ポンプと排気管を合わせた系全体の排気速度は排気管のコンダクタンスによって本質的に支配される。メインポンプの排気速度を上げるだけでは系全体の排気速度は改善されない。これに対し, 直径 3 mm の穴の 350°C でのコンダクタンスは約 $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ になる。この穴の直近にゲッターを配置するだけでも排気速度を 25 倍も改善することができる。

しかし, 2 枚のガラス基板のギャップが約 0.1 mm, 放電セルの溝 (secondary channel) 幅約 0.3 mm, リブとフリット止め間の上下の側溝 (primary channel) で

* サエス・ゲッターズ・ジャパン株式会社 (〒141-0022 東京都品川区東五反田 5-23-1)

図2 実物の20インチクラス PDP を室温で排気したときのパネルの排気管と反対側で測定された圧力変化。

図3 電子管内で観測されたゲッターの内部ポンプ効果。

もせいぜい数 mm 幅という構造を有する PDP パネルの排気はそれだけでは不十分である。

排気中のパネル内圧力は、排気側で測定される圧力よりかなり高い。20インチ型クラスの実物の PDP パネルを室温で排気し、パネルの排気管と反対側に直接取り付けられた真空計で圧力をモニターしたところ^{3,4)}、図2に示すように、排気側とパネルの反対側の圧力差は時間とともに拡大し、3時間後には3桁以上に達した。排気は $6 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ のターボ分子ポンプを用い、排気管側はペニング真空計で、排気管と反対側にはスピニングローターゲージ (SAES GETTERS 社製 SpiroTorr) のセンサーを接着して測定された。

実際の排気ベーキング時には加熱により放出ガス量も多くなるので、圧力差はさらに拡大すると考えられる。

デバイスに内蔵されたゲッターをベーキング中に in-situ ポンプとして使用することで、排気時間の短縮と到

図4 排気モデルに用いられた AC 型 PDP の図式。

達真空度を改善する試みはしばしば行われており、成功例も多い。図3は、容積2リットルの電子管でベーキング工程を再現し、ゲッターの in-situ ポンプ効果を評価した結果である²⁾。ゲッターを内蔵する電子管とゲッターを有しない電子管とでベーキング前後の内部の圧力変化が比較された。ゲッターはベーキング中に活性化し、ベーキングの最後には到達圧力がゲッターを有しない電子管に比べて5倍以上改善されている。また、チップオフ後も、ゲッターを内蔵する電子管では圧力上昇がほとんどみられず、安定している。

PDP でも同様に、排気時間の短縮にゲッターの in-situ ポンプ効果を利用することができる。

3. 排気モデルによる PDP の in-situ ポンプ効果の検討

3.1 排気モデル

PDP でのゲッターの in-situ ポンプ効果を調査するため、図4に示すように、各 channel が角形導管で、secondary channel の配列が全て primary channel に接続している管路モデルが考案された^{3,4,6)}。各 channel を1

次元と考える。ガス放出は全ての場所で起こるものとした。気体は secondary channel から流入し、primary channel を通って排気される。簡略化のためパネルを上下対称として扱い、各管路の境界条件としては、primary channel の片側に外部排気系の効果が存在すること、secondary channel と primary channel の接続点で圧力が一致することが考慮された。ゲッターなし、排気管と反対側の角にビル形状ゲッターを配置した場合、パネルの上下の primary channel に HPTF ゲッターを配置した場合それぞれが検討された。

気体の流量の関係から、圧力 P を場所と排気時間 t の関数とした数式モデルは以下のようになる。

$$A_p \frac{\partial P_p}{\partial t} - c_p \frac{\partial^2 P_p}{\partial x_p^2} - q - F_s(x_p, t) + G(P)\delta(x_p - L) = 0$$

$$A_s \frac{\partial P_{s,i}}{\partial t} - c_s \frac{\partial^2 P_{s,i}}{\partial x_s^2} - q = 0 \quad 1 \leq i \leq N_s$$

添字 p は primary channel、添字 s, i は N_s 本のうち i 番目の secondary channel を示す。 A は各 channel の有効断面積、 q は各 channel の単位長さ当たりの放出ガスを示す。 F は secondary channel からの流入を表す。 c は各 channel の specific コンダクタンスで、長さ l の角形導管のコンダクタンスの計算式、

$$C = \frac{8\omega K a^2 b^2}{3\pi(a+b)l}$$

から、長さを省略したものとして計算される。ここで K は補正係数、 $\omega = \pi v_m / 4$ 、 v_m は気体分子の平均速度である。数値としては単位長さ当たりのコンダクタンス ($L=1$ の計算値) に等しい。 $\delta(x_p - L)$ は $x_p = L$ の位置に配置したゲッターによる排気量を表わすために導入された。トータル排気量は $G(P)$ となる。

長時間の排気プロセス全体からみれば、分子流領域への過渡期はごく短時間とみなすことができるので、上記モデルでは分子流領域だけを考慮している。上記実物パネルの排気実験でも数分で分子流領域に到達することが確認される。

計算を初期圧力 1000 Pa から開始したため、排気開始直後はこの圧力下で既に圧力勾配が存在する実パネルでの測定結果とずれが生じるが、排気時間 10 分経過後から実験結果をよく再現することができ、このモデルの妥当性が確認されている^{3,4)}。

3.2 放出ガス量

テレビのブラウン管や蛍光灯など、蛍光体を内部にもつデバイスでは蛍光体が主要なガス放出源となることが多いが、AC 型 PDP においては電極保護層の MgO がガスの主要な発生源となる。電子ビーム蒸着法による MgO 膜からの放出ガスの分析が行われた⁵⁾。結果を図

図 5 電子ビーム蒸着による MgO 膜 (厚さ 1.2×10^{-6} m) の放出ガス率分析結果。

5 に示す。主なガス種として CO, H₂, H₂O, CO₂ が検出されている。

放出ガス率の経時変化は、

$$q = q_0 t^{-\alpha}$$

に従うものとして、計算モデルに組み入れられた。 q_0 は代表的なベーキング温度の 350°C における MgO からの放出ガス率に、蛍光体からの放出ガス率も考慮して $2 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ が採用された。

3.3 非蒸発型ゲッター

in-situ ポンプとして使用するゲッターはジルコニウム合金からなる非蒸発型ゲッターである。非蒸発型ゲッターの排気作用は、表面への吸着と内部への拡散、固溶によって行われる。活性なゲッター表面を得るため、通常真空中または希ガス中で一定温度一定時間加熱する必要がある。活性化されたゲッターは、O₂, CO, CO₂, N₂, H₂O などの活性ガスを化学的に吸着し、固溶体として吸収される H₂ を除き、永久的に固定する。Ne, He, Xe, Ar といった不活性ガスとは反応しない。表面に結合したガス成分のゲッター材内部への拡散は高温になるほど進行するため、ゲッターのガス吸収速度は温度が高いほど速くなり、吸収できるガス量も多くなる。

排気モデルで in-situ ポンプ効果の検討に用いたゲッターは小型のビル形状ゲッター St707 (Zr-V-Fe) と HPTF (High Porosity Thick Film) と呼ばれるリブとフリット止めの隙間に挿入できる薄型 (シート) ゲッター St122 (Zr-V-Fe-Ti) である。両者とも排気ベーキング時の 300~400°C の温度で活性化できる。

排気モデルをより実際に近づけるため、代表的なベーキング温度である 350°C におけるゲッターの実際の排気量が、St707 と HPTF について以下の仮定のもとに調査

された⁶⁾。

$$G(p) = S \cdot p \quad p < 1 \text{ Pa}$$

$$G(p) = G_{\max} \quad p > 1 \text{ Pa}$$

S はゲッターの排気速度で、 $G_{\max}$ は $S \cdot P$ ($P=1 \text{ Pa}$) に等しい。

ゲッターの形状は各パネルの仕様に合わせて選択できる。ビル形状ゲッターをパネルの4角に配置したり、シート状のHPTFゲッターをパネルの上下に配置するなど、ゲッターの分散配置により、特に大型パネルでは高い効果が得られる。

4. 数値計算の結果とゲッター分散配置の効果

表1に計算に用いられた40インチ型クラスのAC型PDPの寸法パラメータを示す。各ゲッターの量は350°Cでのガス吸収容量がほぼ同程度になるよう、選択された。それぞれビル形状ゲッターが $1.4 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$ 、HPTFゲッターが $1.8 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3$ である。計算に用いられた350°Cでの排気速度はビル形状ゲッター全体で $7 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ 、HPTFゲッター全体で $1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ である。

図6にゲッターなし、排気管と反対側の角にビル形状ゲッター（約36 mg）40個、パネルの上下にHPTFゲッターを配置した場合の排気効果を比較した結果を示す⁶⁾。計算から得られた系内の平均圧力と、パネル容積の積から求めるガス量を残留ガス量として、排気時間の経過とともに表示してある。ゲッターのパネル内部への配置は残留ガスの低減に著しい効果のあることが示される。

図7に350°Cで6時間排気した時点でのパネル内圧力分布の計算結果を示す⁶⁾。ゲッターの分散配置の効果により、排気管だけの場合に比べてパネル内の圧力は全体

表1 計算に用いられた40インチ型クラスAC型PDPの寸法

画面寸法 (mm)	922×691
Pixel 数	1024×768本
Subpixel 数	3072×768
Dot pitch (μm)	900×900
Subpixel pitch (μm)	300×900
Primary channel 幅 (mm)	20
Primary channel 高さ (μm)	150
Secondary channel 幅 (μm)	200
Secondary channel 高さ (μm)	150
バリアリブ幅 (μm)	100

的に低く、パネル内の圧力差も小さい。特にHPTFでは横方向 (x_p 軸) の圧力の勾配はほとんどみられない。

5. 排気ベーキング後の残留ゲッター能力

PDPのライフ中にもMgO膜や蛍光体など内部構造材から、不純物ガスが発生し続ける。通常、プロセス中のin-situポンプとして使用したゲッターは、その後のライフで放電ガス中に放出され蓄積される不純物ガスの除去にそのまま使用される。高温ほど吸収速度、吸収容量ともに大きくなるので、ゲッターが吸収できるガス量は高温ほど多くなる。とはいえ、プロセス中に放出される大量のガスでゲッターが消耗してしまえば、パネルの劣化防止に役立てることができない。

ゲッターがプロセスにin-situポンプとして使用され

図6 350°Cで排気したときの40インチクラスPDP内部の残留ガス量の推移。

図7 350°Cで6時間排気後のパネル内圧力分布.

図8 350°Cにおける残留ゲッター能力のシミュレーション.

た後、ライフ中に発生する不純物ガスに対応できるほど余力を残しているかについても調査が行われた。図8にベーキング時間と350°Cでの残留ゲッター能力のシミュレーションを示す⁶⁾。放電中の放出ガス率は高温のベーキング時に比べて桁違いに小さくなるので、温度が下がるとゲッターの吸収速度、吸収容量ともに低下するものの、対応可能である。また、PDPは排気ベーキング後、数万Paの放電ガスが封入されるため、不純物ガスの移動は拡散によって支配される。発生場所からゲッターまでの不純物ガスの拡散移動が放電中のゲッターによる排気を律速するため、ゲッター自身の吸収速度はそれほど問題ではない。パネル内にはゲッターからの距離によって不純物ガスの濃度勾配が形成され平衡状態になる。不純物ガスの最高濃度が動作に影響しない範囲におさまるよう、設計の最適化は必要である。St707ゲッター、HPTFゲッターともに、12時間のベーキング工程を経た後でも、ゲッター能力を残すことができることが示されている。

6. ま と め

以上、排気時間短縮と到達圧力の改善に対するゲッタ

ーの効果を示した。

非蒸発型ゲッターを用いることで、所定の圧力までの到達時間を短縮するとともに、パネル内到達圧力を下げることが可能である。ゲッターをパネル内に分散配置することによってPDPの排気効率さはさらに改善される。ゲッターのin-situポンプ効果の積極的利用は、効率的なPDP排気ベーキングプロセスの構築に有効である。

〔文 献〕

- 1) W. E. Ahearn and O. Sahni: IBM J. Res. Develop., 22 (1978) 622.
- 2) C. Boffito and E. Sartorio: Vakuum Technik, Vol. 35, N-7, (1986) pp. 212-217.
- 3) R. M. Caloi, C. Carretti and M. Amiotti: Proc. of IDW97, Nagoya, (1997), pp. 543-546.
- 4) R. M. Caloi and C. Carretti: J. Vac. Sci. Technol., A 16(3), May/Jun. (1998) pp. 1991-1997.
- 5) S. Tominetti and A. Renzo: Asia Display, Seoul, 1998, pp. 639-642.
- 6) R. M. Caloi and A. Corazza: Proc. of IDW98, Kobe, 1998, pp. 491-494.