

# [特別招待論文] TV 応用を目指す有機 EL ディ스플레이の駆動方式 —現状と課題—

服部 励治

九州大学大学院システム情報科学研究所 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地

E-mail: hattori@ed.kyushu-u.ac.jp

**あらまし** 大型 TV 応用のためのアクティブマトリックス駆動有機 EL ディ스플레이 (AMOLED) の駆動方法は、小型携帯応用パネルと異なり周辺回路へのコスト低減要求が緩和されるために、校正メモリーを用いた輝度補償法を使うことができるようになる。これにより、小型パネルではピクセル内の回路において行われていた輝度補償が、大型パネルではピクセル外で校正メモリーを用いた画像データとの演算により行われるようになるであろう。その場合、低コスト化を実現するためには、どのように各ピクセルの TFT および OLED 特性を読み出すか、また、既存のピクセル補償回路と組み合わせどのようにメモリーを節約するかが重要となる。将来、それら校正メモリーや演算回路は映像エンジンの一部に含められ、有機 EL 素子のポテンシャルを最大に活かした有機 EL 専用の画像処理技術が発達することにより、LCD や PDP では成しえなかった最高の TV 表示品質が可能となるであろう。

**キーワード** 有機 EL ディ스플레이、駆動方式、TV、校正メモリー、輝度ムラ補償、映像エンジン

## Driving Method of OLED Display for TV Application — Present Status and Future Challenges —

Reiji HATTORI

Department of Electronics, Kyushu University 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0385 Japan

E-mail: hattori@ed.kyushu-u.ac.jp

**Abstract:** The driving method of the active-matrix driven organic light-emitting display (AMOLED) for a large-sized TV application can use the luminous compensation method using a calibration memory since the cost-reduction demand to a peripheral circuit would be decreased in contrast with the small-sized panel for a cellular-phone. This fact enables that the luminous compensation in the large-sized display is preformed by the arithmetic operation with image and calibration data outside of the pixel although the compensation in the small-sized panel has been carried out in the pixel circuit. In this method, it is critical for the cost-reduction how to observe the TFT and OLED characteristics in each pixel and how to save the compensation memory size in combination with the pixel compensation circuit technique. In future, the memory and the operation circuit will be included in a digital imaging engine that enables the ultimate TV image quality, which have never been achieved by LCD or PDP, by developing the digital imaging processing technology utilizing the potential of OLED at the maximum.

**Keyword:** organic light-emitting display, driving method, TV, compensation memory, luminous mura compensation, imaging engine

### 1. はじめに

2007 年、アクティブマトリックス駆動有機 EL ディ스플레이 (AMOLED) は携帯電話メインディスプレイとして韓国メーカーによって本格的な量産が開始された。有機 EL 産業にとってこれは将来を占う注目すべきチャレンジである。液晶ディスプレイ (LCD) の高性能化と低価格化が進んでいる現状において、LCD と競争して市場を勝ち取ることはそう簡単なことではない。それでも、AMOLED は低消費電力・薄型・高画質を武器に多くの企業で開発が進められている。

一方、他に大型 TV 応用を目指す動きがある。しかし、TV 応用は LCD でもごく最近に成し得た技術である。TV 応用は小型携帯応用に比べ寿命・輝度・階調・動画などへ、さらに厳しい特性が求められるからだ。LCD 技術者から見れば、小型パネルでもまだ満足に量産できていないのに、大型 TV 応用などは 10 年早いと感じるのは無理も無い。

しかし、AMOLED のポテンシャルを最大限に引き出すことができるのは TV 応用である。言い換えるならば大型 TVこそが LCD やプラズマディスプレイ (PDP)

との差異をしめすことができる応用であろう。現在、TV市場を握っているLCDとPDPであろうとも、決して動画特性・高精細化に関して完全なものではなく、まだ割ってはいる余地は十分にある。LCDに対しては高速応答性・高コントラスト・高視野角、PDPに対しては低消費電力性で優位性があり、加えて両者に対し圧倒的に薄型である点で勝負すれば勝機があるかもしれない。

TV応用を実現するためには小型パネルに比べ更に長寿命化・高輝度化が必要となる。当然、有機ELの更なる材料・素子開発が必要であるが、それと共に駆動方法の開発も重要になる。また、低コスト化に対しても駆動方法は深く関係する。今まで行われてきた有機ELの駆動法の研究は小型パネル用中心であり、大型TV応用のための駆動方法はまた別の要素が加わり全く違った駆動方法が主流となる可能性がある。

この報告書では今後AMOLEDが目指すべき最大の市場である大型TV用パネルにおける駆動法を論議する。

## 2. バックプレーン技術

はじめに、大型パネルにおけるバックプレーン技術を考える。新しい技術として有機TFTや酸化物TFTなどがあるが、現時点で量産可能な選択肢はアモルファスシリコン(a-Si)TFTと低温ポリシリコン(LTPS)TFTの二つであろう。AMOLEDが開発されだした頃は電流駆動能力から考えてLTPSでのみ駆動可能であると言われてきた。しかしその後、a-SiTFTでも駆動するパネルも表れ、現時点では小型パネルにおいては両方の技術による駆動が開発されている。一方、20インチを超える大型パネルにおいてはLTPSを選択することはできない。なぜならばLTPSで作製可能なパネル寸法が20インチ以下であるからだ。今までにタイリン

グを用いた40インチのLTPSパネルも発表されたが、どうしても繋ぎ目が目立ってしまうため市場には受け入れられなかった。したがって、大型パネルにおけるバックプレーン技術はa-SiTFT、またはそれに類似した技術以外に無いということになる。

通常、a-SiTFTの電界移動度は $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 未満である。この移動度はLTPSに比べかなり小さい値であるが、OLEDを駆動するには十分な移動度である。これは誰もが簡単な計算で確かめられることである。しかし、一般的にはこの移動度では不足であるとよく言われる。本当はどちらなのか？この問題に正確に答えるのは少々複雑である。

図1は、OLEDの電流効率をパラメーターとしたピクセルサイズ $635\mu\text{m}\times 212\mu\text{m}$ において輝度 $400\text{cd}/\text{m}^2$ を得るときに必要なTFTの電界移動度とゲート幅の関係を示したものである。現時点のOLED素子の実力から3色とも電流効率 $10\text{cd}/\text{A}$ を得ることは可能であるので、この図より一般的なa-SiTFTの電界移動度 $0.4\text{cm}^2/\text{Vs}$ でもゲート幅が約 $100\mu\text{m}$ のTFTで上記の輝度を得ることができ、ピクセル内に通常の形状でTFTを設計できることが分かる。

しかしながら、この時に必要な電圧より次の二つの問題が生じる。

第一の問題はソースドレイン間電圧 $15\text{V}$ である。通常、OLED駆動電圧が $5\text{V}$ 程度であることを考えると3倍も高い値である。両者は直列に接続され同じ電流が流れることを考えると、輝度を得るために必要なOLEDでの消費電力の3倍がTFTで消費されてしまうことになる。この電力はただ熱に変わるだけであり、この熱がOLEDの劣化を促進させてしまうという弊害も起こる。

第二の問題はゲート電圧 $20\text{V}$ である。a-SiTFTには閾値電圧シフトと言う問題があることは有名であるが、TFTを駆動させていくうちにこのシフトが起こり、設計値としてはゲート電圧 $30\text{V}$ 程度を考えなければならない。この電圧を供給するのはソースドライバーであり、LCDと比べるとかなり耐圧の高いLSIを用いなければならないことが分かる。さらに、この電圧でON/OFFするスイッチングTFTを動作させるため、ゲートドライバーにはさらに $10\text{V}$ 程度高い電圧が必要である。また、スイッチングTFTにも閾値電圧シフトがあることを考えるとゲートドライバーの電圧は $40\text{V}$ を超えてしまう。

この様な理由から、「OLEDを光らすためにはa-SiTFTの移動度でOKであるが、消費電力・ドライバーLSI電圧を考えると一桁程度高い移動度が欲しい」と言うのが正確な表現であろう。しかし反対に、くし型TFTを用いてゲート幅を稼ぎ、閾値電圧シフトを何ら

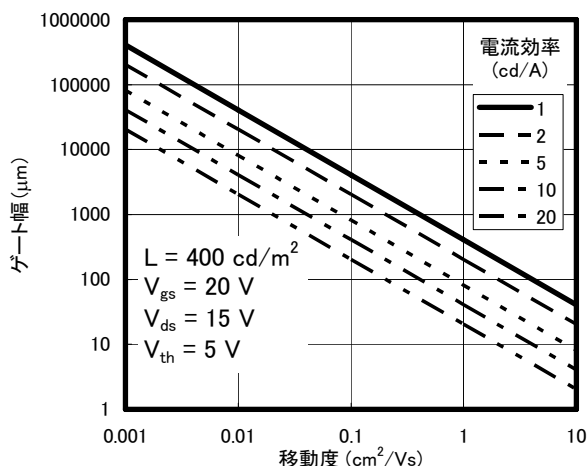


図1 OLED電流効率による移動度とTFTゲート幅の関係

かの方法で抑制できるならば、この移動度でも大丈夫であると言う事もできる。a-Si TFTでOLEDを駆動できるかできないかは、移動度の大きさだけでは結論付けることのできない複雑な問題なのである。

### 3. 大型と小型パネルの駆動法の違い

図2は大型パネルと小型パネルにおいて、どのような周辺LSIがあるかを示したものである。これはLCDの場合を参考に描いたものであるが、OLEDの場合でも価格面でLCDとほぼ同じ程度を求められることより大きく違わないはずである。

携帯電話用の小型パネルにおいてはコスト低減要求が厳しく、実装できるLSIの個数は一つに限られる。従って、OLEDの輝度補償はパネル側に任せられ、複雑なピクセル回路を用いて輝度補償を行うことになる。また、小型パネルでは低消費電力化の要求が高いことよりLTPS技術が主に採用されているが、LTPSの場合、TFT間に閾値電圧と移動度のバラツキが存在する。これらのバラツキは、そのまま輝度バラツキとなって表れる。現在の輝度補償方法は電圧プログラム法と電流プログラム法に大別されるが、現状は最も低く部材コストが抑えられる前者が量産に採用されている。しかし、この方法は移動度のバラツキが補償できないためにプロセスへの負担が大きくなり、歩留まりの不安要因の一つとなる。一方、電流プログラム法は、移動度のバラツキも補償でき、高い歩留まりを期待できるものの、プログラム速度と定電流ドライバーの価格に問題があるとされている。

一方、大型パネルでは周辺回路の占めるコストの割合が低くなり、小型パネルほどコスト低減の要求は高くないことより、数多くのLSIを実装できる。ゲートおよびソースドライバーの他に、コントローラーや映像エンジンなどのLSIが実装される。大型パネルにお

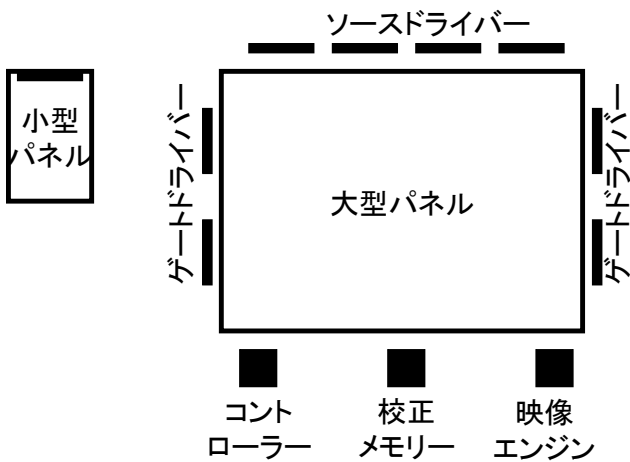


図2 大型／小型パネルにおける周辺LSI

いて用いられるバックプレーン技術は、先に述べたようにa-Siおよびその類似技術と限られるため、TFTの特性バラツキは問題ない程度に抑えられる。問題はゲート電圧ストレスによる閾値電圧シフトである。

この閾値電圧シフトの問題を解決するために、従来は小型パネルと同じようにピクセル回路による補償技術が用いられてきた。しかし、大型パネルにおいては周辺回路LSIを増やすことが可能である。よって、「外部に特性バラツキのデータを保存する校正用メモリーを搭載し、このデータを使って映像データに演算を加え、バラツキを補償する」というのが最近の大型AMOLEDにおける輝度補償のトレンドである。実はこの校正用メモリーを用いた補償方法は古くから考えられていた。最初の特許はパッシブマトリックス (PM) OLEDパネルに対して見ることができる[1]。

AMOLEDパネルに対して校正メモリーを用いた補償方法が提案されたのは特許[2]が最初だと思われる。この方法は実際に量産ビデオカメラ用モニターに採用された。このパネルはメモリーを持つことによりLCDに対してコスト競争力が弱まってしまうが、ある程度の歩留まりを確保するためには有用な方法であったであろう。

### 4. 大型パネル向け校正メモリー補償システム

大型パネルで用いることのできる校正メモリーによる補償システムは特許[3]によって初めて示された。図3は、そのブロック図である。このシステムでは、まず各画素に流れる電流を電源線より測定し、その結

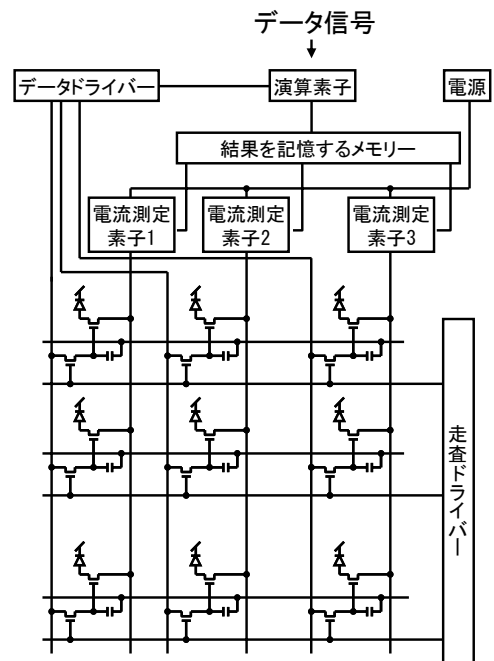


図3 校正メモリーを使ったAMOLEDパネル回路

果をメモリーに蓄積する。そして、このデータを用いて各画素の TFT 特性のバラツキ・特性シフトを演算素子でデータ信号に加え輝度バラツキを校正する回路構成になっている。

ここで電流を測定するタイミングであるが、低温ポリシリコン(LTPS) TFT の場合は特性シフトが小さいので、工場出荷時に一度測定するだけでバラツキは補償される。したがって、電流測定素子はパネルに実装せず出荷時に外部回路で測定することができる。またこの場合、電流を測定するよりも輝度を測定してそのデータを扱う方が OLED のバラツキも含まれるので、より高精度に補償できる。この輝度をフィードバックするシステムが先に述べた特許[2]の内容である。

しかし、a-Si TFT の場合は閾値電圧シフトが輝度補償の対象であるため、随時 TFT の特性を測定する必要がある。よって電流測定システムのパネル上への実装は必須である。また、その測定のタイミングは閾値電圧シフトが非常にゆっくりと起こるため、毎フレームごとに測定する必要は無い。この頻度がどの程度必要であるかは議論のあるところであるが、測定に時間がかかる場合は、電源投入時のみに測定することも可能である。また、電源投入後、パネル温度が影響を与える場合は TFT の特性が変化するためパネル駆動中に電流を測定するシステムが必要となる。

### 5. 校正要素

この校正メモリーによる輝度補償システムにおいて校正すべき要素は、TFT の閾値電圧特性と移動度、OLED の発光効率などがある。最終的には入力値に対する発光輝度が補償されればよい。これを直接補償す

ることができれば OLED 寿命の問題はなくなることであろう。しかし、そのためには各ピクセル内に受光素子を設け、発光輝度を測定しなければならない。この場合、輝度測定回路を如何にピクセル内に設置するかが問題である。また、受光素子のバラツキ、劣化も考えなければならない。輝度フィードバックは最も理想的な補償方法であるが、技術的バリアも高い。

現時点で現実的な方法は TFT および OLED に流れる電流を測定し、TFT の閾値電圧と移動度、OLED の発光効率を補償することであろう。ここで TFT の特性は電圧-電流の関係を最低 2 点で測定することにより求めることができる。閾値電圧と移動度という 2 つのパラメーターを決定するために測定点は 2 点以上必要である。

しかし、OLED の発光効率は電気的特性から決定することは難しく、電流発光効率が一定と仮定し OLED に定電流を供給することにより対応しなければならない。すなわち、OLED の電流発光効率は一律で劣化が無いとしている。もし、OLED の電圧-電流特性より発光効率の変化が類推できるならばディスプレイとしての AMOLED 寿命を飛躍的に延ばすことができるであろう。

### 6. 電流読み出し方法

先に述べた図 3 におけるシステムとしての問題点は、電流測定による接点数の倍増であろう。図 4(a)は 1 ピクセルでのデータの流れを示したものである。OLED に流れる電流は電源線より測定されるため、その電流測定のための接点数はデータ線数と同じとなる。よってデータドライバーと同じ程度の個数の LSI をさらに

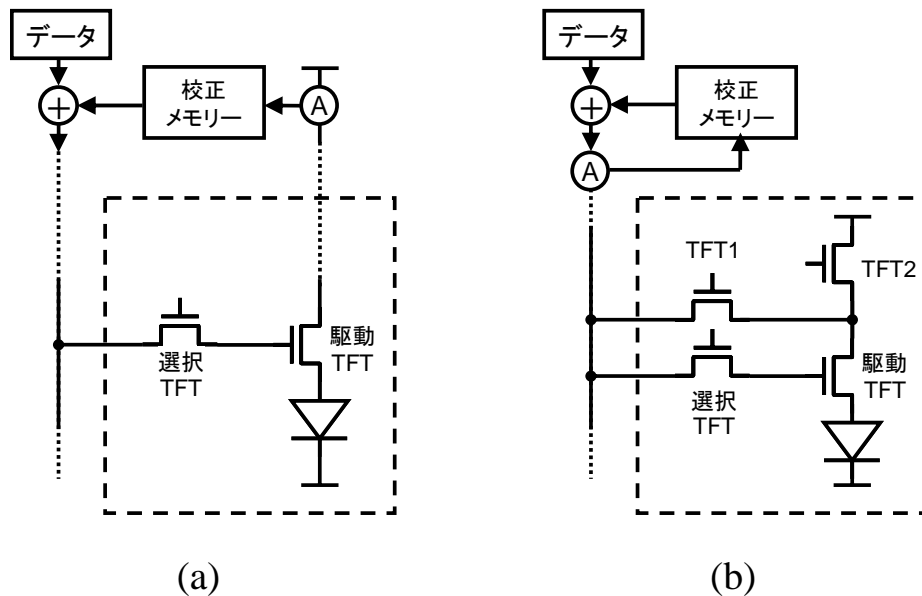


図4 ピクセル電流測定方法。(a)電源線より測定、(b)データ線より測定。

接続しなければならない。これによるコストの増加が問題となる。また、この方法では電源線を縦方向にし、張れず、電源線における電圧降下が問題になりやすい。電源線に電圧降下があると、2TFT ピクセル回路では駆動 TFT のゲート電圧の変化になるため、縦方向のクロストークが発生する。したがって、通常、電源線は縦横メッシュ状に張られている。

これらの問題を避けるためには図 4(b)のようにピクセル回路に TFT 数個を加え、データ線を通じて電流を測定する方法が考えられる。この様にすれば測定素子をデータドライバーに内蔵することにより接点数の増加を避けることができ、電源線もメッシュ状に張ることができる。

ただし、図 4(a)の場合、駆動 TFT を線形領域で使うことができるという利点を持つ。これは a-Si TFT バックプレーンで消費電力を劇的に減少させることのできる技術である。

図 4(b)において電流測定時は電源線につながる TFT2 を OFF、データ線につながる二つの TFT1 を ON にし、駆動 TFT をダイオード接続する。また、パネル駆動時は TFT2 を常時 ON にし、データ線から電圧により駆動 TFT のゲート電圧を決め OLED の電流量を制御できる。

この書き込み方法は電圧による書き込みになるので、電流書き込みとは違い大型高精細パネルでも高速に書き込める。この際、TFT1 を OFF とすれば、通常の 2TFT ピクセル回路と同じになりデータ線に電流が流れないので、ソースドライバーに電流負荷がかからない。しかし、駆動 TFT のゲートにかかる電圧はデータ線における電圧降下分の差ができるため、OLED 電流にズレがおこる可能性がある。さらに選択線と別に

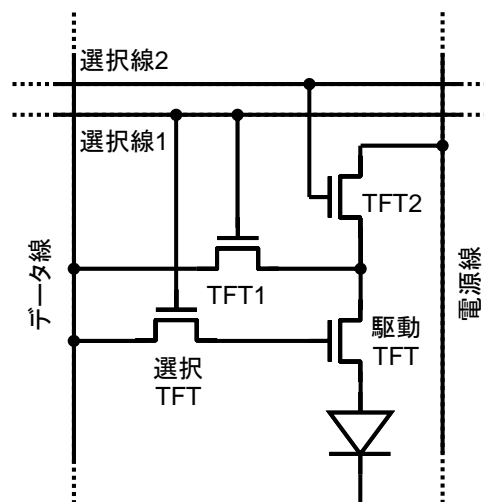


図5 データ線電流測定ピクセル回路

TFT1 制御用バスラインを設けなければならない。したがって、TFT1 は選択 TFT と同時に ON/OFF する方が望ましい。また、選択時と同時に TFT2 を OFF とすれば、これは正に電流プログラム駆動法と同じになる。図 5 に具体的なデータ線より電流を測定するピクセル回路を示す。この回路は以前我々が発表した電流プログラムと同じである[4]。

しかし、この回路では OLED に 2 つの TFT が直列に接続されており、ON 抵抗の高い a-Si TFT を使う時には消費電力の点で問題になる。また、ピクセル回路が再び複雑になり、開口率・歩留まりの低下が懸念される。これら問題に対し図 6 にその TFT を一つ省いた 3T1C のピクセル回路 2 種類を示す。図 6 (a) はカソードコモン、図 6 (b) はアノードコモンの場合である。

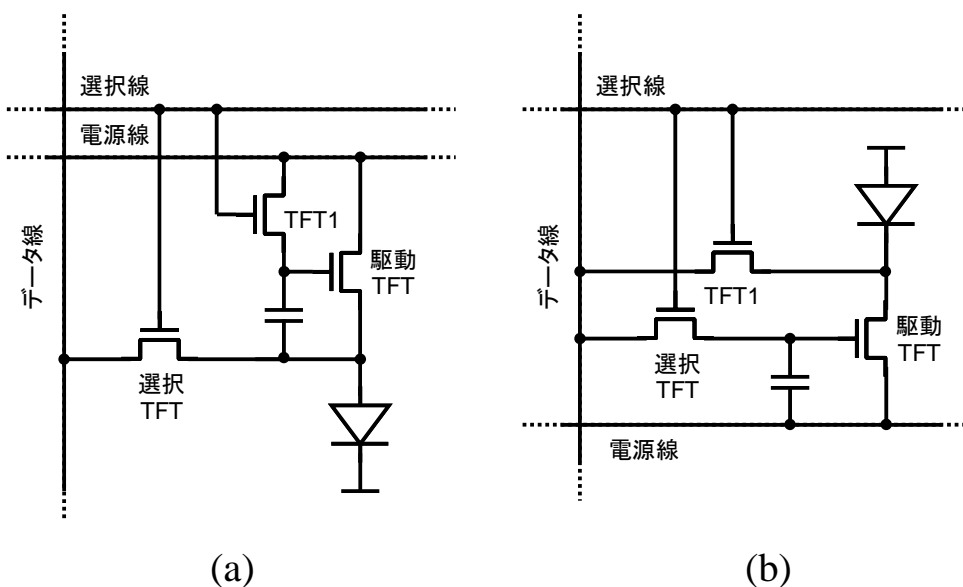


図6 3T1C データ線電流測定ピクセル回路 (a)カソードコモン, (b)アノードコモン.

OLED の整流特性を使って選択線 1 本と TFT1 個を節約している。これら回路の場合、電流測定時には電源線または OLED のアノード電位を低くする必要があり、電流測定を電圧書き込みと同時にを行うためには電源線を選択線と同期させ逆相で変化させなければならない。また、この様に変化させるためには電源線が選択線と平行に張られなければならない。これは電源線がメッシュ状ではなく、さらにパネルの長辺方向であるため、電源線における電圧降下が懸念され、横方向のクロストークが問題になる可能性がある。なお、これらの 3T1C の回路も以前我々が示した電流プログラムの回路と同じである[5]。

このように電流プログラム駆動法で用いたピクセル回路は、そのまま校正メモリーを用いた補償回路として用いることができる。違いは、電流プログラム法では電流を書き込むが、校正メモリー法ではその時に必要な電圧を書き込むということである。

## 7. ピクセル回路補償と校正メモリー補償

今までの AMOLED の輝度均一性はピクセル回路による補償が中心であった。本報告においては大型パネルの校正メモリーによる補償方法を論議しているが、前節で述べたように従来のピクセル回路補償方法とも深い関係がある。これら二つの補償方法は別々に用いなければならないものではなく、ピクセル回路補償と校正メモリー補償の併用も考えることができる。これにより、従来のピクセル回路補償により校正量を減らし、校正メモリー補償におけるメモリーサイズや演算量を低減することができる。

5 節の構成要素で述べたように、1 ピクセルで補償すべき要素として、TFT の移動度・閾値電圧、OLED の電流発光効率の 3 つが考えられる。それぞれの要素のバラツキを記憶するのに必要なビット数は、それぞれの要素のバラツキによって変わる。もし、その要素バラツキによって 100%輝度が変わってしまう時、最小ビットの輝度変化を補償するためには、その要素に割り当てられるべきビット数はデータビット数と同じであるべきである。すなわち、8 ビットの映像入力であれば校正メモリーにも 1 要素 8 ビットが必要である。

ハイビジョン TV の場合、ピクセル数を 1280×720、フルカラー、8 ビット入力、校正すべき要素が 3 つとして校正メモリーに必要なメモリーサイズを考えると 2 ギガ以上となる。この様な大きなメモリーを持つことがどの程度コストインパクトがあるか、また演算量がどの程度負担になるかは詳しく調べてみないと分からないが、ピクセル回路補償と組み合わせればこのメモリーは劇的に削減することができる。

また、ピクセル回路補償を用いることにより精度も

上げることができる。例えば通常の 2T1C ピクセル回路では電源線の電圧降下が現れ、クロストークの原因となるが、電圧プログラム法や電流プログラム法を用いれば原理的に電源線に電圧降下があってもクロストークは現れない。

以上のように校正メモリーによる駆動方法はこれ以外に様々なバリエーションが考えられるが、接続点数、バッファメモリー容量、ドライバーコストなど全て総合的に考慮し、全体としてコストミニマムを与える駆動・回路を導き出さなければならない。

## 8. AMOLED 専用映像エンジン

以上のように校正メモリー補償方法では、巨大なメモリーと高速の演算処理が必要になってくる。メモリーはドライバー内ではなく単独チップに納められ、演算は高速の映像エンジンの中で映像処理の一部として行われるようになるであろう。また、映像エンジンとして AMOLED の特性をフルに活かした映像処理が求められるであろう。つまり、AMOLED パネルの基本的設計指針は如何にバラツキの無いパネルを作るかでなく、如何に映像エンジンの言うことを利くパネルを作るかになる。

## 9. まとめ

本稿では大型 TV 応用 AMOLED パネルにおける駆動方法の一つである校正メモリーによる輝度補償方法を示した。大型パネルでは小型パネルと違い、周辺 LSI に対するコスト低減要求が強くないために校正メモリーの搭載が許される。しかし、この補償方法を用いる場合でもそのピクセル回路には数多くの種類が考えられ、コスト・特性・歩留まりなどを考えて決定されなければならない。

## 文 献

- [1] 特開平 10-254410
- [2] 特開平 11-282420
- [3] 特開 2002-278513
- [4] R. Hattori, T. Tsukamizu, R. Tsuchiya, K. Miyake, Y. He, J. Kanicki; IEICE Transactions on Electronics, Vol.E83-C, No.5, pp.779-782 (2000)
- [5] T. Shirasaki, T. Ozaki, K. Sato, M. Kumagai, M. Takei, T. Toyama, S. Shimoda, T. Tano, R. Hattori, Proceeding of Society for Information Display, pp.1516-1519, (2004)