

3DフルHDプラズマTVの高画質技術

High-Quality Image Technology on 3D Full HD Plasma TV

三 谷 浩
Hiroshi Mitani

三 原 和 博
Kazuhiro Mihara

西 郷 賀 津 雄
Katsuo Saigo

川 原 功
Isao Kawahara

要 旨

PDPの高速な表示性能を生かし、フルHD（High Definition）解像度の3DプラズマTVを開発した。左右の映像を通常の倍のフレームレートで交互に表示し、3Dメガネで左右の映像を分離することで3D表示を実現するフレームシーケンシャル方式を採用した。3D映像には、左右の映像の分離性能を示すクロストーク性能という性能指標がある。快適に3D映像を視聴するためには十分なクロストーク性能を達成しなければならない。

このため、新たに発光効率と短残光を両立した新蛍光体と、2Dに比べて半分のフレーム期間の中で発光を完結させる新駆動方式と、3DプラズマTVに最適な3Dメガネ制御プロトコルを開発した。

Abstract

We have developed a 3D plasma television with full High Definition (HD) resolution utilizing the high-speed display performance of PDPs. It utilizes the frame-sequential method which realizes 3D display by displaying the images for the right and left eyes alternately at double the normal frame rate and separating the images for each eye with 3D glasses. To achieve high 3D cross talk performance, we newly developed a short-decay-time phosphor, a compact PDP drive method and a precise control protocol for 3D glasses.

1. はじめに

ポストハイビジョンの高画質化の方向性として、従来の高精細化とは異なる3D（立体映像）化が脚光を浴びている。これまでも3Dは、テーマパークのアトラクションなどで、人を驚かせるような映像としてよく知られていた。一方、最新の映画の世界における3Dは、あたかもその場にいるかのように感じさせる新しい映像表現技法として注目されている。高臨場感の3D映画が世界中で上映され好評を博している状況から、今後ますます3D映像のコンテンツが充実してゆくことが予想される。

このような環境において、プラズマパネルの特長である表示の高速性を生かしたフレームシーケンシャル方式による、3DフルHDプラズマTVを開発した。3Dテレビは、従来の2Dテレビの2倍の情報量の映像を扱うだけでなく、人が見て、正しく、また無理なく立体像を認識可能にする必要がある。そのためには3Dにおける特有の画質性能が必須である。本稿では、3D表示の際の画質を高めるために開発した技術について紹介する。

2. 3Dテレビの画質

3Dテレビの画質を決定づける性能要因の中で、最も重要なのはクロストーク性能である。3Dテレビのクロストークとは、本来、左右眼で独立した映像が混在して認識されることである。

3Dテレビでは、左右の目に対し、わずかに視差のある

映像を表示し、視覚的に奥行き感を生じさせる。このため、クロストークが発生すると、本物の映像の左右両側にクロストークによるゴースト像が現れ、3D映像を楽しむ際の障害となる。また、連続的な柄のある映像では独立した像とは認識されず、柄のコントラストが下がり、精細感が失われる。

そして、クロストークが甚だしい場合は左右の映像の間で対応する物体の認識が困難となり、立体視が妨害される。それでも視覚は立体的な映像を認識しようと無意識に努力するため、視覚的な疲労を招く可能性がある。

このように、クロストーク性能は、3Dテレビの表示方式にかかわらず、3D映像の画質を支配する最も重要な性能指標である。そして、快適なゴースト像のない3D映像を楽しむためには、このクロストークを十分低いレベルに抑えなければならない。

フレームシーケンシャル方式においては、ディスプレイに左右の目に対応する映像を時間的に交互に表示し、左右のレンズ（液晶シャッター）を表示に同期して開閉する3Dメガネによって左右に映像を分離する。視聴者は3Dメガネを装着することで左右それぞれの目に対応する左右の映像が届くので立体像を認識することができる。

フレームシーケンシャル方式においては、以下のようなクロストークの発生原因がある。

【1】ディスプレイ要因

ディスプレイには左右の映像を交互に表示するが、この段階で左右の映像がオーバーラップしてしまうと3Dメガネでは分離できず、クロストークが発生する。

【2】3Dメガネ要因

3Dメガネに用いる液晶シャッタの遮蔽（しゃへい）性能が十分でないと、本来目に届いてはならない映像が漏れてしまい、クロストークが発生する。

【3】システム要因

ディスプレイの表示するタイミングと、3Dメガネの液晶シャッタの開閉するタイミングが、正しく同期しないとクロストークが発生する。

次章以降、上記要因を抑え、3DフルHDプラズマTVの高画質化を実現した技術を項目ごとに説明する。

3. 3D用プラズマパネル

まず、上記のディスプレイ要因を抑えるため従来のプラズマパネルに対して新たに開発した内容を紹介する。プラズマパネルはもともと動画性能に優れている。これは、他のフラットパネル（液晶など）が原理的に一定時間輝度を保持して発光させる、いわゆるホールド駆動を基本としているのに対し、プラズマパネルでは、高速のパルス放電をデジタル制御するサブフィールド駆動方式を採用しており、理想的な動画応答をもつ「インパルス駆動」を擬似的に再現しているためである。このため、プラズマパネルは多くの情報を一定の時間内で表示する3D方式にも適している。

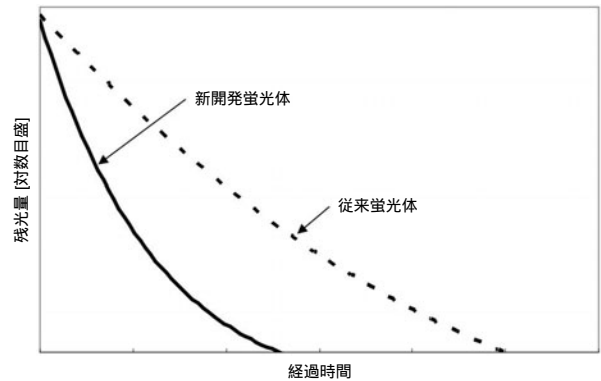
しかしながら、3Dテレビにおいては左右それぞれの映像を本来の2倍の速さで描画する必要があり、通常の2D画像表示時と比べて高速度が要求される。また、プラズマパネルでの発光は紫外線が励起された蛍光体からの可視光発光であり、高速描画の必要性に加え、蛍光体自身のもつ残光時間が十分短いことも要求される。

今回、残光時間が短く、かつ発光効率がよく、安定した特性の短残光蛍光体材料を新たに開発した。

また、従来のテレビの2倍の速度での情報描画を高画質で実現するための駆動方式も新たに開発した。

3.1 短残光蛍光体

今回、3D用に新たに赤、および緑の短残光新蛍光体を開発した。当社従来の材料と比較して残光時間をいずれも約1/3まで短縮させている。第1図に、緑の蛍光体の残光特性改善の簡略化グラフを示す。残光がもともと少ない青と併せて、新材料を用いることで、プラズマパネルでの発光がより「インパルスの」になり、3D表示に必要な高速画像表示が可能となった。なお、蛍光体の残光時間が大幅に短くなったことで、通常の2Dモードでの動画鮮鋭度も飛躍的に向上させることができた。この様子を、第2図の残光影響画質シミュレーションに示す。



第1図 緑の蛍光体の残光特性改善イメージ

Fig. 1 Improvement of green phosphor decay time



従来蛍光体



新開発蛍光体

(スクロール速度 2.5 s)

第2図 残光影響画質シミュレーション

Fig. 2 Simulation images of phosphor decaying effect

3.2 蛍光体材料の微細化による効率改善

新開発蛍光体では、材料の平均粒径を従来の約60%に微細化して、材料における紫外線利用効率や可視光の反射率を高めた。これにより、パネル全体としての効率改善に寄与している。

3.3 3D対応新駆動方式

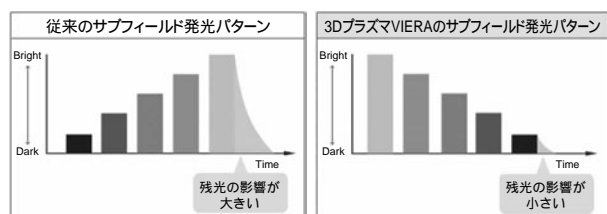
プラズマパネルでは、画像表示に先立って情報の書き込み動作を行うアドレス期間が必要である。この期間が長いと実際の発光に使用できる時間が十分確保できなくなることに加え、3Dテレビでは左右の目に対応する映像を従来の2倍の速度で描画する必要があるために、さらに高速のアドレス動作を行う必要がある。また、いったん書き込んだ情報に基づいて後の駆動動作でのパルス発光回数の制御がされ、これによって表示階調が決められる

ため、アドレス動作は高速に加えて、高い信頼性が要求される。

今回、駆動波形の最適化などのほか、階調表示を行うサブフィールドの配列や駆動を工夫し、安定で、かつ高速な動作を可能にしている。

また、この配列により蛍光体からの残光時間を含めた実質の発光時間幅を短時間とすることができ、クロストーク量の抑制にもつながっている。第3図に、サブフィールドの配列と残光の関係を示す。

このように、新駆動方式の採用により従来の2倍の高速で、かつ信頼性の高い情報書き込みを実現している。



第3図 サブフィールドの配列と残光の関係

Fig. 3 Subfield sequence vs. afterglow

4. 3Dメガネ

3DフルHDプラズマTVに対応した3Dメガネ用液晶シャッタと、プラズマパネルと3Dメガネの同期をとるための制御プロトコルを開発した。

4.1 3Dメガネ用液晶シャッタ

3Dメガネに用いる液晶シャッタは構造的にはシンプルであるが、3D映像はすべてこの液晶シャッタを通して見るため、その性能は画質に直接影響をおよぼす。以下、液晶シャッタの画質にかかわる諸性能項目について述べる。

〔1〕コントラスト

コントラストは、液晶シャッタを透過モードにしたときと、遮蔽モードにしたとき、それぞれの光の透過量比で定義される量である。クロストークに直結する項目なので数値は高いほうが望ましい。また、映像のコントラストにも影響する。映像の黒をきちんと表現できるプラズマTVの特長を生かすには、液晶シャッタにも高いコントラスト性能が必要である。

〔2〕透過率

透過率は、液晶シャッタを透過モードにしたときの光の透過量を、液晶シャッタがない場合を基準にして表現した値で、3Dメガネを装着したときに感じられる映像の明るさに対応する。液晶シャッタでは、偏光板を用いて

いるので、ランダム偏光を発生するプラズマパネルとの組合せでは、透過率の理論的な最大値は50%となる。高い透過率が望ましいが、一般的にコントラストとトレードオフの関係にある。

〔3〕応答性

プラズマパネルの立ち上がりの速い発光の特性を生かすには、液晶の応答もほぼそれに匹敵する速さが必要である。液晶シャッタの応答が遅い場合、左右の映像の分離が不十分になるためクロストークの原因となる。

〔4〕色バランス

液晶シャッタを透過する際、赤色、緑色、青色の3原色光の透過率のバランス(色バランス)が崩れると、白色が色づいたり、鮮やかな色がくすんだりする原因となる。液晶シャッタの設計において透過率を高める設計にすると、視感度の高い緑色付近の波長の透過率が上がる一方、相対的に青色と赤色に対する透過率が下がる。また、液晶シャッタは一般的に波長の短い青色に対する応答は速く、逆に波長の短い赤色に対する応答は遅い。

フレーム周期で開閉する液晶シャッタの実効的な色別の透過率は、色別の静的な透過率と応答特性の両者で決まる。したがって静的な透過率はプラズマパネルの各色蛍光体の発光スペクトル特性に、応答特性はプラズマパネルの各色蛍光体の応答特性に適合した性能が必要である。

〔5〕視野角

液晶シャッタを通過する光線軸の角度によって、コントラストおよび応答性は影響を受ける。3Dメガネの使用時には、ディスプレイの中央部と周辺部を見るとき、3Dメガネをかけた顔の向きが正面を向くときと傾くときで光線軸の角度は変化する。想定しうる光線軸の傾きに対して、コントラスト性能および色バランスが許容できる範囲内になければならない。

4.2 3Dメガネ用制御プロトコル

従来の3Dメガネとディスプレイの同期方法は、VESA[®](注)規格¹⁾に規定されているStereo Sync信号を何らかの規則によって符号化し、赤外線パルスによって伝送するという方式が利用されていた。

ところが、VESA規格のStereo Sync信号は、左右の映像を区別するタイミングを示す信号で、実際の3Dメガネの液晶シャッタが開閉するタイミングは3Dメガネの実装に委ねられている。このため、3Dメガネの互換性の確保が難しく、事実上、組み合わせて使用できるディスプレ

(注) Video Electronics Standards Association の登録商標

イと3Dメガネは限られていた。

本来、3Dメガネの制御プロトコルは、ディスプレイの特性に合わせて、最適なタイミングで3Dメガネの液晶シャッタの開閉動作をディスプレイ側から精密に制御でき、しかもさまざまな液晶シャッタの特性に対応できるプロトコルが望ましい。そこで今回、プラズマパネルと3Dメガネの同期をとるための制御プロトコルを新たに開発した。

今回開発した3Dメガネ用制御プロトコルにおいては、互いに異なる意味をもつ複数の赤外線パルスパターンを組み合わせ、3Dメガネの動作に対する精度の高い、きめ細かい制御を可能とした。これによって、以下のような特長が得られる。

【1】3D映像の高画質化

3Dメガネの液晶シャッタ開閉のタイミング設定は、画質に大きな影響を与える。そこで、たとえばテレビ側の画質モードごとに3Dメガネの液晶シャッタ開閉のタイミングを複数用意しておけば、画質モードの選択に応じてその画質モードで重視する映像パラメータに合わせた画質が得られる。

【2】多機能

開発したプロトコルでは、左右の液晶シャッタの開閉を独立に制御できる。このため、たとえばテレビセット側からの制御で、ディスプレイには3D映像を表示した状態のまま、2D表示に切り替えるなどといった機能が実現できる。

【3】高い互換性

ディスプレイの種類や駆動方式と、3Dメガネの液晶シャッタの特性は、それぞれ今後の技術の進化によって変わっていく可能性がある。今回開発した3Dメガネ用制御プロトコルでは両者をうまく切り分けることによって、将来にわたる互換性を確保している。

5. 3D画質チューニング

3D用の画質チューニングとは、プラズマパネルの駆動タイミングと、3Dメガネの液晶シャッタ開閉のタイミングを調整することである。プラズマパネルの発光の応答特性と、液晶シャッタ開閉の応答特性の組合せにおいては、タイミングの調整により、画面の明るさとクロストークを変化させることができる。そこで、前章で紹介した3Dメガネ制御プロトコルを用い、画質モードに応じて最適なタイミング設定となるように調整を行っている。

5.1 プラズマパネルと液晶シャッタの時間特性

プラズマパネルの発光は、プラズマ放電による紫外線の発生と、紫外線が蛍光体によって可視光に変換されるという二段階のプロセスを経て得られる。前者のプラズマ放電による紫外線の発生は高速な現象である。一方、蛍光体による可視光変換は、蛍光体を励起する紫外線の発生と消失に対してそれぞれ蛍光体材料固有の時間応答特性を示し、立ち上がりは速く、立ち下りは立ち上がりに比べれば緩やかという特性を有する²⁾。

3Dメガネに採用している方式の液晶シャッタでは、電圧印加で光を通さない遮蔽モード、電圧解除で光を通す透過モードとなる。電圧によって液晶分子の向きが変わる遮蔽モードへの移行は、液晶分子の自発的な整列状態にもどる透過モードへの移行より速い。すなわち、液晶シャッタは、閉まるのは速いが、開くのはやや遅いという特徴がある。

5.2 フレーム開始点のタイミング設定

フレーム開始点では、プラズマパネルの発光はすばやく立ち上がり、同時に前フレームの発光の減衰が緩やかに起こっている。液晶シャッタは緩やかに開いていく。

まず、プラズマパネルの発光タイミングに対して、早めに液晶シャッタが開くようなタイミング設定にすると、透過率が十分高くなった状態で立ち上がるプラズマパネルの発光を透過させられるので、3Dメガネ越しに見たディスプレイの明るさを高くできる。

逆にプラズマパネルの発光タイミングに対して、遅めに液晶シャッタを開くようなタイミング設定にすると、徐々に減衰していく前フレームのプラズマパネルの残光透過量を減らせるのでクロストークも減少させることができる。

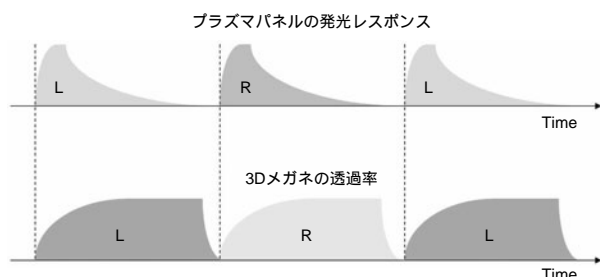
すなわち、フレーム開始点では、タイミングの設定により明るさとクロストークのバランスが変化するため、画面モードに応じた最適点がそれぞれ存在する。

5.3 フレーム終了点のタイミング設定

フレーム終了点においては、プラズマパネルの発光の減衰が緩やかに起こっているが、すばやく立ち上がる次のフレームの発光が迫ってくる。一方、液晶シャッタはすばやく閉じることができる。

このため、フレーム終了点においては、クロストークを最小にし、画面の明るさを最大にするために、プラズマパネルの次フレームの発光が始まる直前で液晶シャッタを閉じるように設計する。

以上のタイミング設定のイメージを、第4図に示す。



第4図 プラズマパネルと3Dメガネのタイムチャート

Fig. 4 Timing diagram of Plasma Panel and 3D glasses

6. 3Dテレビの画質評価

3Dテレビにおいては、ディスプレイと3Dメガネとの組合せで、はじめて3D映像の表示が可能となる。また、クロストーク性能は、従来の2Dテレビにはない評価項目であり、その測定法については、現在、国際機関で標準化活動が行われているところである。

このため、3DフルHDプラズマTVの開発過程においては、3Dテレビの画質測定のための装置・環境は市場に存在せず、測定方法や評価法についても独自に開発を行った。

6.1 クロストーク性能の測定

クロストークは、左右の映像の間に明るさ・色の違いがある部分に認識される。つまり、左右が同じ明るさ・色であれば、左右どちらかからもう一方に漏れ込むクロストークと同じ量のクロストークが返ってくるので、実体としてクロストークは存在しても、クロストークは認識されない。そこで、クロストークは、左右で異なる明るさ・色となる映像信号を入力し、本来の映像信号による明るさ・色からのずれを調べることによって測定を行う。

具体的には、ディスプレイ上に左右に異なる映像を表示させる信号発生器と、左右の映像を分離する3Dメガネ越しにディスプレイの発光を測定する輝度計を組み合わせ測定を行う。

6.2 クロストーク性能の評価

ディスプレイと3Dメガネ、タイミング設定によって変化するクロストーク性能を、相互に比較・評価するには正規化する必要がある。輝度計によって測定されたクロストーク量を処理する方法として、次の2つの方式がある。

〔1〕パーセンテージ表現

これは、クロストーク量をそのディスプレイの出しうる最大輝度に対する割合で表現する。最大輝度の異なる

ディスプレイ間での比較や、クロストークを受ける側の明るさを変化させた場合にも対応できるメリットがある。

〔2〕絶対値表現

クロストークを受ける側の映像の明るさが低い場合、クロストークの有無に関する人の認識感度は非常に敏感になる。この場合、最大輝度によって正規化されたクロストークの割合ではなく、絶対量が問題となる。

上記の両方を勘案しながら、クロストーク性能の目標設定ならびに性能改善を図っていく。今回、開発した3DフルHDプラズマTVにおいては、パーセンテージ・絶対値の両面において十分な性能を確保している。

7. まとめ

短残光蛍光体と高密度なパネル駆動方式によってプラズマパネルの高速表示性能をさらに向上させるとともに、プラズマパネルの特長を生かす3Dメガネを開発し、そして両者の性能を最大限に引き出す新たな開発を行い3D映像の高画質化を実現した。

ここに紹介した技術を搭載した3DフルHDプラズマTVは、業界に先駆け2010年3月に商品化された。それは、単に3Dをひとつの付加機能として備えるTVではなく、3D映像や3D画像の撮影、編集、記録、配信などが可能な新しい商品群の嚆矢（こうし）となる商品である。その応用範囲も民生分野に限らず、娯楽、教育、医療などへ広がりをみせると予測されている。そして、これらが基盤となって3Dコンテンツの制作や流通などの産業やサービスに相乗効果が生じ、さらに3Dの映像文化を生み出して、大きな産業に成長することを期待している。

参考文献

- 1) VESA Standard : Connector and Signal Standards for Stereoscopic Display Hardware (1997).
- 2) M. Ishizuka, et al. : Development of high-performance panel and high-speed 3D driving technology for world's first full HD 3D plasma displays. SID (2010).

著者紹介



三谷 浩 Hiroshi Mitani
AVCネットワークス社 技術統括センター
Technology Planning & Development Center,
AVC Networks Company



三原和博 Kazuhiro Mihara
AVCネットワークス社 技術統括センター
Technology Planning & Development Center,
AVC Networks Company



西郷賀津雄 Katsuo Saigo
AVCネットワークス社 技術統括センター
Technology Planning & Development Center,
AVC Networks Company
芸術工学博士



川原 功 Isao Kawahara
パナソニック プラズマディスプレイ（株）
開発技術センター
Development Engineering Center, Panasonic Plasma
Display Co., Ltd.