招待論文

論文特集 ■ 選奨 (技術振興賞/藤尾フロンティア賞/ハイビジョン・次世代テレビ技術賞) 受賞者論文

レーザバックライト液晶テレビ「REAL LASERVUE」の開発

Development of Laser Backlight LCD Television "REAL LASERVUE"

新倉 栄二[†], 正会員 村瀬 令奈[†], 正会員 中野 菜美[†], 正会員 長瀬 章裕[†],
 坂本 浩隆[†], 花井 昌章^{††}, 志水 浩二^{††}
 Eiji Niikura[†], Rena Murase[†], Nami Nakano[†], Akihiro Nagase[†],
 Hirotaka Sakamoto[†], Masaaki Hanai^{††} and Koji Shimizu^{††}

あらまし 2012年6月, 三菱電機は民生用液晶テレビとしては世界で初めて, 赤色レーザをバックライト光源に搭載した液晶テレビ「REAL LASERVUE」を開発し発売した。赤色以外の緑・青色には, 新規に開発したシアン色 (緑色と青色の混合色) のLEDを採用している。レーザは直進性が高い特性を有することから, バックライトとして面発光させるにはレーザ光を充分拡散させなければならない。また, 赤色とシアン色の2色の光源の混色により白色光を生成していることから, 両光源の面内分布のずれが色むらとなる。本論文では, これらの課題を解決するために適用したレーザバックライト液晶テレビの技術と特徴について述べる。

キーワード: レーザ, バックライト, 液晶ディスプレイ, 色再現, 導光板

1. ま え が き

2011年7月, 一部の地域を除いて地上デジタル放送への移行が実施され, また, エコポイント制度による追い風もあって, ここ数年でハイビジョン液晶テレビが一般家庭にも急速に普及した。この需要が一段落した今日, 新たにテレビを購入いただくユーザからは, あらためて高い画質や新たな機能等, 従来機に対して明確なアドバンテージを有する製品が求められている。

三菱電機は, BD (Blu-ray Disc: ブルーレイディスク) と HDD (ハードディスク) の両方を搭載し, 3D映像が視聴可能ないわゆる3in1録画テレビを他社に先駆けて製品化し, 高い評価を得てきた。これに加えて, 一目でわかる高画質を実現すべく, 2012年6月にレーザバックライト液晶テレビ「REAL LASERVUE」(LCD-55LSR3)を開発し, 製品化した。

レーザを用いたディスプレイの技術においては, 2008年に光源に3原色のレーザを用いたプロジェクション (投写) 型の「レーザテレビ」を北米にて製品化 (2010年国内発売) しており, 他に大きく先んじてきた。このレーザバックライト液晶テレビでは, 「レーザテレビ」で培ったレーザディスプレイ技術を液晶テレビに展開したものである。「REAL LASERVUE」は, バックライト光源に白色LEDを用いた従来の液晶テレビに対して, 色再現範囲を1.29倍に拡大*,

一目で違いのわかる鮮やかな色彩を実現した。これまでの液晶テレビとは一線を隔す高画質液晶テレビであり, 液晶テレビの枠を超えるものとして期待されている。

本稿では, レーザバックライト液晶テレビの技術と特長を紹介する。

2. レーザバックライト液晶テレビ

2.1 液晶テレビのバックライト

液晶表示素子 (液晶セル) は, ブラウン管やプラズマのように自ら発光する表示デバイスではないので, 液晶セルをその背面から照明する装置すなわちバックライトを必要とする表示デバイスである。かつて液晶テレビのバックライト光源には冷陰極管 (CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp) が用いられていたが, LEDの発光効率の向上と低価格化の進行, 液晶セルの透過率改善によるバックライト光源の省出力化などにより, 急速にLED光源に置き換えられてきた。バックライト光源のLED光源化は, 光源の信頼性が向上したほか, 発光制御が容易な特長を活用することによって, コントラスト等の画質の向上, 消費電力の低減などに寄与した。また, LED光源化により冷陰極管と比べて, 光源配置の自由度が増すことによってデザイン性にも優れ, 薄型のよりスタイリッシュな薄型テレビとしてユーザに広く認知されるようになった。

しかし, 一般的なLED光源バックライトは, 蛍光体を用いた白色LEDを採用していることから, 色再現性においてはLED光源化による顕著な特性改善は見られていなかった。

2013年9月2日受付, 2013年9月30日再受付, 2013年10月18日採録

[†] 三菱電機株式会社 先端技術総合研究所

(〒617-8550 京都府長岡京市馬場園所1, TEL 075-958-3436)

^{††} 三菱電機株式会社 京都製作所

(〒617-8550 京都府長岡京市馬場園所1, TEL 075-958-3233)

* 当社製液晶テレビ「LCD-55 MDR2」との比較。

2.2 液晶テレビの色再現範囲

液晶ディスプレイは、その液晶セルの内部にカラーフィルタを備え、このカラーフィルタによってバックライト光から赤色、緑色、青色のスペクトル範囲だけを取り出して色表現を行っている。バックライト光源に白色LEDのような波長帯域幅の広い連続スペクトルを有する発光素子を用いる場合、色再現性を高めるためには、カラーフィルタの透過波長帯域を狭帯域化する必要がある。しかしながら、カラーフィルタの透過波長帯域を狭く設定すると、カラーフィルタを透過する光量が低下するので、十分な明るさを確保するためにはバックライト光量の増加が必要となる。すなわち、消費電力の増大につながるといった問題が生じる。したがって、液晶ディスプレイの色再現範囲を改善するには、光源の色純度を高めることが必要となる。

2.3 「REAL LASERVUE」

「REAL LASERVUE」は、2012年6月29日に発売された55型の3in1録画機能付き液晶テレビである(図1)。一般ユーザに販売される民生用液晶テレビとしては、世界で初めて赤色レーザをバックライト光源に搭載した。赤色以外の緑・青色光源については、新規に開発したシアン色LED(緑色と青色の混合色)を採用している。バックライト光源への赤色レーザの適用により、色再現範囲は赤色領域で大きく拡大し、従来の白色LEDを用いた液晶テレビに対し、1.29倍(CIE 1976 UCS (u'v') 色度図上)となった。色の鮮やかさは、「REAL LASERVUE」の最大の特徴であり、従来の液晶テレビとの違いは一目で認識できる。

この広色域化により、「REAL LASERVUE」は三菱電機液晶テレビのラインナップにおいて、プレミアムモデルに位置づけられており、レーザバックライトの他にも、高画質回路「DIAMOND 3D Engine PRO」やバックライト制御技術等の高画質化技術をふんだんに採用し、3D表示にも対応している。また音響についても、カーボンナノチューブを振動板材料に配合したスピーカ「DIATONE NCVスピーカ」をセンタースピーカ4個、左右サイドスピーカ各2個、左右ウーハー各1個の合計10個搭載し、原音に忠実な

図1 「REAL LASERVUE」(LCD-55LSR3)

透き通った音を奏でるとともに、映画館のような音響を迫力のサラウンドで臨場感豊かに再現している。

3. レーザバックライト技術

3.1 色再現性の改善

投写型の「レーザテレビ」では、赤・緑・青3色ともレーザを適用していたが、「REAL LASERVUE」のレーザバックライトは、前述のように、赤色光源にレーザ、緑・青色光源にシアン色LEDを採用している。従来の液晶テレビの色再現性は、白色LEDの発光特性により、他色に比べても赤色領域の色再現性が不十分であった。赤色は、人の視覚特性として視認性が高いため、微妙な色の違いを識別しやすい。また、赤色は観察者に強くアピールする色であることから、液晶テレビの色再現性改善には赤色の改善が最も効果的であると考えられる。最良のコストパフォーマンスを得る観点から、赤色のみレーザを適用した。緑・青色光源については、シアン色LEDを新たに開発し採用した。

3.2 シアン色LED

従来の白色LEDは、青色LEDチップとこの青色光によって励起発光する緑・赤の混合蛍光体(または黄色の蛍光体)を組合せて白色発光を得ていた。これに対しシアン色LEDは、青色LEDチップと緑の蛍光体のみを組合せたものである。青色LEDチップから発せられる青色光と、青色光の一部によって励起された緑蛍光体から発せられる緑色光により、シアン色の発光を得ている(図2)。

赤色レーザとの組合せおよび液晶セルのカラーフィルタとの組合せを考慮して、緑蛍光体を選定・調整し、最適化を図っている。この赤色レーザとシアン色LEDの組合せにより、赤色の色再現性が向上することは自明であるが、同時に緑色の色再現性も向上した。従来の白色LEDは、緑・赤色が連続したスペクトルを有していたため、赤色-緑色の分離が不十分となっていたのに対し、色純度の高い赤色レーザの適用により、赤色-緑色が充分に分離されたことによるものである(図3)。

3.3 レーザバックライトの構成

バックライトは、液晶セルをその背面から面状に均一に照明することが求められており、光源配置によって直下型とサイドライト型に大別される。直下型は液晶セルの裏側

図2 白色LEDとシアン色LED

図3 色再現範囲 (CIE 1976 UCS 色度図)

に光源を配置する方式で、サイドライト型は画面のいずれかの端辺に列状に光源を配置する方式である。サイドライト型の場合、列状に配置した光源光を面状にするため、導光板とその裏面に配した拡散ドットを用いる。図4に示すように、レーザーバックライトは、画面の左右両端に光源を配置するサイドライト型としている。

レーザをバックライトに使用する場合、先ず課題となるのは発散角の小さなレーザ光の均一化である。LEDを用いたバックライトでも、当初LED近傍が明るくなる照明ムラが見られることがあったが、レーザではこのムラが顕著に現れる。これを抑制するためには、導光板に入射したレーザ光を、表示領域に到達する以前に、充分な距離(導光路長)を伝播させ均一化を図る必要があった。「REAL LASERVUE」のレーザーバックライトにおいては、液晶セルの背面側に配置した赤色レーザに、サブ導光板を用いてレーザ光の導光路を端部で折り返す形で導光板に入射させることで、充分な伝播導光路長を確保した。LED等の拡散角の大きい光源に、このようなサブ導光板を用いると、特に導光路を折り曲げる部分で導光路から漏れ出る光が増大し、大きな光ロスが発生してしまう。今回の構成では、レーザ光の発散角が小さいこと、およびレーザ素子射出直後のレーザ光が縦横の発散角に大きな異方性を持っていることを利用して最適設計している。具体的には、サブ導光板のレーザ光の入射端面にマイクロレンズ構造を設けることで拡散性を高めて導光路長の短縮化を図るとともに、サブ導光板の板厚を入射側から出射側にかけて徐々に変化させることで、レーザ光の光ロスを減少させるなどの工夫を盛り込んでいる。サブ導光板を用いたこのような構成とすることで、レーザ光の均一性確保し、サブ導光板によるロスをほぼ端面での光反射のみに抑制している。

3.4 レーザ素子の信頼性確保

レーザ光のみにサブ導光板を適用することによって、シアン色LEDと赤色レーザの2種類の光源が、一定の距離を置いてバックライト内に配置される構造となった。この配

置は、レーザ素子の信頼性確保を容易とする効果も併せ持つ。レーザ素子およびLED素子の信頼性確保は、ともに放熱・温度管理が重要であることには変わらないが、両者の許容動作温度範囲は大きく異なっている。レーザ素子の信頼性を確保するためにはLED素子に比べて、動作時の温度をより低温に保つ必要がある。両者が接近して配置されていると、LED素子からの熱が流入しレーザ素子の放熱を阻害する可能性がある。両者を一定の距離を置いて配置することで、熱分離することができ、ほぼ独立に放熱・温度管理を行うことが可能となった。この構成によりレーザ素子の信頼性確保が容易になった。

3.5 色ずれの抑制

2種類の光源を用いることによるもう一つの課題は、色ずれの抑制である。レーザーバックライトでは、赤色レーザとシアン色LEDの両光源を一定の比率で発光させることで白色としている。赤色レーザとシアン色LEDでは、光の発光特性が大きく異なる。サイドライト型のバックライトを構成する際に、特に注意を要するのは、導光板への入射光の発散角の違いである。同じ導光板に入射しても、入射光の発散角が異なると、導光板から出射する光の面内強度分布、つまりバックライトとしての面内発光分布が異なる。色の違う2種類の光について、各々の面内発光分布が異なると、発光分布の異なる部分では両光源の比率が異なるために色ずれが発生してしまう。

2種類の光源について、バックライトとしてのそれぞれの面内発光分布を一致させかつ安定化するため、「REAL LASERVUE」のレーザーバックライトでは、赤色レーザとシアン色LEDそれぞれに個別の導光板を用いる方式を採用した(図4, 図5)。これにより、全体の構成としては、赤色レーザ光源のバックライトの上に、シアン色LEDのバックライトが積み重なったような構成となっている。両者の導光板をそれぞれ個別に調整することで、面内発光分布の一致・安定化を図っている。

基本構成としては、きわめてシンプルな考え方に基づい

図4 レーザバックライト概略構成

図5 レーザバックライトの光学系構成

たものであり、2種類の光源を用いたことによる弊害の抑制に非常に有効な構成であった。

3.6 色調整処理

色再現範囲の拡大に伴い、充分な色調整処理を実施しないと、肌色などで自然な色調が得られない不自然な表示になってしまう。そこで、三菱電機独自のカラーマネジメント技術である、ナチュラルカラーマトリクス (NCM) を用いて、原色の鮮やかさと自然な色再現を両立するテレビとして好ましい色調整を実現し、鮮やかな色彩でかつ自然な画質が得られた。

3.7 画質劣化抑制とレーザー安全確保

また、レーザーをディスプレイに用いる際には、レーザー光の干渉・スペckル現象による画質劣化が問題となることが多い。しかし、バックライト光学系は、導光板や光学シートによる光の散乱やリサイクルを繰り返す構造となっているため、今回のレーザーバックライトでは、干渉・スペckル現象による画質劣化はまったく見られていない。

さらに、レーザー光の安全性については、レーザー光源の周辺に漏れ光を遮断する遮蔽構造を設け、安全基準 (JIS C 6802-1:2005「レーザー製品の放射安全基準」) クラス I を確保している。さらに、意匠筐体には充分なインタロック機構を設け、レーザー光が直接ユーザに到達しないよう万全を期した。

4. む す び

2012年6月29日に発売した、レーザーバックライト液晶テレビ「REAL LASERVUE」(LCD-55LSR3) の特徴および技術について説明した。「REAL LASERVUE」は、バックライト光源への赤色レーザーの適用により、色の鮮やかさにおいて一目で違いのわかる特徴を備えたユニークな高画質テレビである。一方で、さまざまなレーザー光の特性のうち「REAL LASERVUE」に活かされているのは、今のところ単色性・色の鮮やかさのみである。レーザーは、これ以外にも、指向性や、液晶ディスプレイと相性のよい偏光性といった特徴を備えている。今後、レーザーバックライト、レーザーディスプレイ技術が、高い画質のみならず省エネルギーといった特徴も備えた、真のスマート家電の発展に貢献できるものとなるよう進化させていきたい。

新倉 栄二 1992年、信州大学工学部精密工学科卒業。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社先端技術総合研究所に所属。映像表示機器のメカニズム開発に従事。

村瀬 令奈 2006年、大阪大学大学院工学研究科修士課程修了。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社先端技術総合研究所に所属。映像表示機器の光学技術の開発に従事。正会員。

中野 菜美 2008年、鹿児島大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社先端技術総合研究所に所属し、映像表示機器の研究・開発に従事。正会員。

長瀬 章裕 1996年、電気通信大学大学院電気通信学研究科電子物性工学専攻修士課程修了。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社先端技術総合研究所に所属。固体光源のディスプレイ応用に関する研究開発に従事。2009年、当会船井技術賞受賞。正会員。

坂本 浩隆 2009年、立命館大学大学院理工学研究科博士課程前期課程修了。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社先端技術総合研究所に所属。映像表示機器の研究・開発に従事。

花井 昌章 1983年、名古屋工業大学工学部卒業。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社京都製作所AVディスプレイ機器製造部に所属。液晶テレビの開発に従事。

志水 浩二 1990年、熊本大学工学部情報工学科卒業。同年、三菱電機(株)入社。現在、同社京都製作所AVディスプレイ機器製造部に所属。液晶テレビの開発に従事。