



RGBレーザーバックライト 液晶ディスプレイ

三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 グループマネージャ

にいくら
新倉 えいじ
栄二



1. はじめに

日本では2012年3月、地上波によるテレビ放送のデジタル化が完了した。これにより、ハイビジョン (HDTV: High Definition Television) によるテレビ放送が標準となり、高画質な映像が楽しめる液晶テレビが普及した。近年では、ハイビジョンを超える高画質な4K映像対応の液晶テレビが注目されている。4Kとはハイビジョンの画素数 (1920×1080) の4倍の画素 (3840×2160) を有することを示しており、高精細で立体感、臨場感のある映像を再現できる。また4Kのさらに4倍の画素 (7680×4320) をもつ8K液晶パネルが開発され始めてきており、一層の高精細化が進行している。

一方、テレビ放送としては2014年に4K映像の試験放送が開始され、2015年度中にはCSにて4K映像の実用放送を予定している。更に、総務省のロードマップによると2018年には4K/8Kの実用放送が開始され、2020年東京オリンピック・パラリンピックでは多くの競技が4Kや8Kで放送される計画である。このように映像の高精細化が進むのは、2012年に国際電気通信連合 (ITU) によって超高精細テレビジョン (UHDTV: Ultra-High Definition Television) の映像フォーマットを規定したITU-R勧告BT.2020^[1] (以下、BT.2020と称す) が制定されたことに起因している。

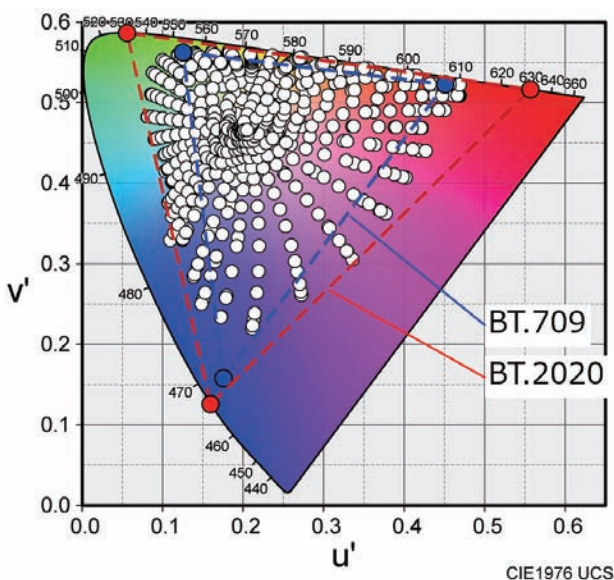
BT.2020ではディスプレイに表示される色域も規定されており、これまでのハイビジョン映像の規格ITU-R勧告BT.709^[2]と比較して約1.7倍 (CIE1976 UCS色度図)、実在する表面色の色域を表す測色データであるポインターカラー^[3]の包含率99.9%の広色域を定めている (図1)。

液晶ディスプレイとしてBT.2020の広色域特性を活かすためには、液晶パネル内部のカラーフィルターの高性能化に加え、光源の色純度を高めることによるバックライト光の広色域化が必要となる。これまで三菱電機は、色純度の高いレーザーダイオード (LD) をテレビの光源に採用することで、広色域化を図る研究を進めており、2008年にはRGBレーザーを光源に用いた背面投射 (リアプロジェクション) 型の大画面テレビ「レーザーTV (LASERVUE)」を開発・製品化した^{[4] [5] [6]}。このレーザーディスプレイ技術を最も普及している液晶テレビに適用し、色の鮮やかな色彩による明確な特徴付けを目指したのが、2012年に発売したレーザーバックライト液晶テレビ「REAL LASERVUE (LCD-55LSR3)」である^{[7] [8]}。LCD-55LSR3は、一般ユーザー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半導体レーザーをバックライト光源に搭載した。更に2014年には、レーザーバックライトに4K液晶パネルを搭載したスタイリッシュなデザインが特徴の4Kレーザーバックライト液晶テレビ「LCD-65LS1」を発売した^{[9] [10]}。このように、三菱電機は、色純度の高いレーザーを光源に用いることによるのみ実現できるきわめて鮮やかな色彩を備えた液晶テレビを開発してきた。

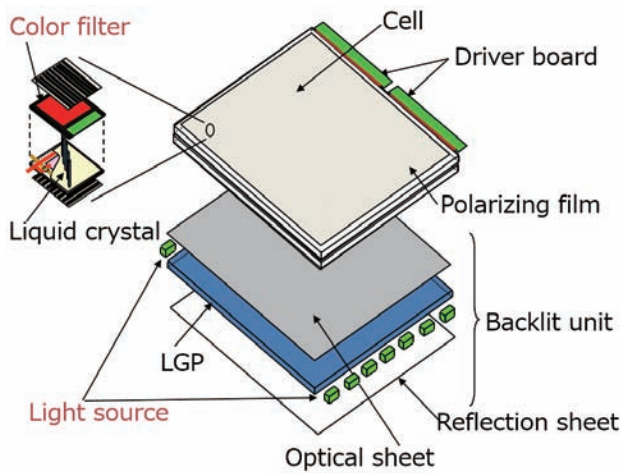
今回、これまで培ったレーザーバックライト技術を用いて、バックライト光源に三原色 (RGB) と半導体レーザーを採用することで、BT.2020の色域に対応する超広色域4K液晶ディスプレイモニタを、日本放送協会放送技術研究所と共同で開発したので概要について紹介する。

2. 液晶ディスプレイにおける色再現範囲の拡大

液晶ディスプレイは、図2に示すように液晶表示素子の内部にカラーフィルターを備え、バックライト光から出射された光をこのカラーフィルターによって赤色、緑色、青色のスペクトル範囲だけを取り出すことで色表現を行っている。



■図1. 色度図とポインターカラー



■図2. 液晶パネルの基本構造

バックライト光源に例えば白色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ーの透過波長帯域をより狭くする必要があるが、カラーフィルターを透過する光量が低下するので、十分な明るさが得られなくなる。すなわち、光源数の増量や投入電力を増加などをしなければならず、消費電力の増大につながるという問題が生じる。したがって、液晶ディスプレイの色再現範囲を拡大するには、光源の色純度を高めることが必要となる。

3. RGBレーザーバックライト液晶ディスプレイ

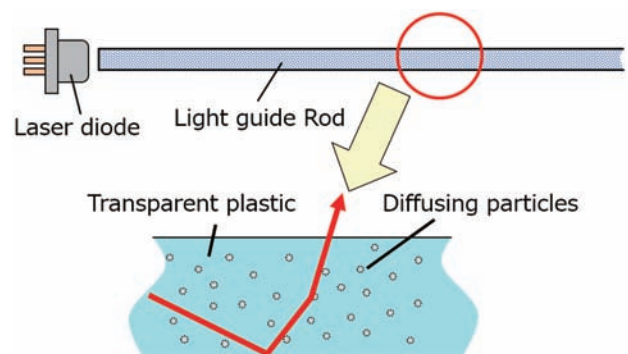
BT.2020の定める色域は、2K映像の国際規格BT.709の約1.7倍(CIE1976UCS色度図)の広色域である。このBT.2020の色域を実現するには、前述したとおりディスプレイに採用する光源の色純度を高める必要がある。LEDや有機ELなど各種発光デバイスの中でレーザーは単波長光を発光するデバイスであり、色純度が極めて高く、BT.2020の広色域を再現するには最も適した光源であると考えられる。そこで、バックライト光源にRGB3色とも半導体レーザーを搭載した液晶パネル一体型のバックライトモジュールを開発した。以下、RGBレーザーバックライト液晶ディスプレイのバックライトの概略について述べる。

3.1 バックライトシステム

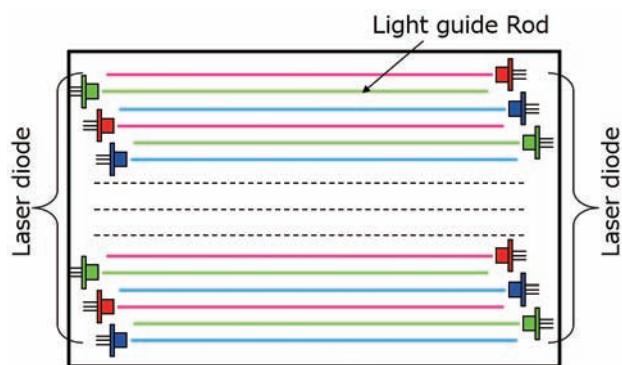
液晶ディスプレイのバックライトは、液晶パネルをその背面から面状に均一に照明することが求められる。液晶ディスプレイのバックライト構成は光源配置によって二つのタイプに大別される。一つは光源を画面の周辺(エッジ)に配置するエッジ方式で、画面エッジに線状に配置した光源を

面発光させるために通常は導光板を用いている。導光板の裏面に設けた拡散ドットパターンによって光を取り出しており、このドットパターンを最適化することで画面の輝度均一性を確保している。もう一つの方式がバックライト底面(液晶パネルの背面)に光源を配置する直下方式で、直接液晶パネルを照明する。近年の直下方式では、光源をLEDとし拡散レンズと組み合わせることで光の配光を制御し、光源数を削減しつつも輝度均一性を確保する構成としている。

レーザーをバックライト光源として採用する時に注意しなければならないのは、レーザーとLEDとでは光の発散特性が大きく異なる点である。レーザーはLEDに比べて発光面積が極めて小さくかつ発散角が小さい特徴を持つので、十分拡散させなければ画面の輝度均一性を確保することができない。今回開発したRGBレーザーバックライトでは、画面の左右端部にレーザー光源を配置するエッジ方式としているが、レーザー光を拡散させる光学部材として導光板を用いずに丸棒状の導光体(導光棒)を採用した。この導光棒は、透明の基材に微量量の拡散材を含有したもので、その片端にレーザー光源を配置する構成とした。図3に導光棒の発光原理を示す。レーザーから出射された光は導光棒に入射し、導光棒内を全反射しながら伝播する。伝播光の中で導光棒に含有している拡散材を照射した光は拡散反射(または透過)し光の進行方向が変化する。この進行方向を変えられた光の中で、導光棒の表面に到達した時に空気層との界面で全反射条件を満たさなかった光のみが周方向に出射され、蛍光管のように発光する。また、導光棒から出射された光は、長手方向に光強度分布を持っており、導光棒に含まれる拡散材の含有濃度を適切に調整することで最適化することができる。今回は、画面中央部が最も明るくなるよう調整した。画面上で白色発光させるために、RGB各光源それぞれ1個ずつが1組となるように



■図3. 導光棒の発光原理



■図4. 光源の配置

配列している(図4)。導光棒も光源に対応して図4に示すように画面の上下方向に順次並べる構成としている。

3.2 光源

BT.2020が定める色域は、色度図に示されるスペクトル軌跡上のRGBを三原色として規定されており、RGBの波長はそれぞれ630nm、532nm、467nmに相当している。RGBレーザーバックライトでは、この各色の光源波長をターゲットとしてそれぞれ選定している。今回採用したRGB各レーザー光源の外観を図5に示す。各色とも取扱いやすさから発光素子を金属製の容器(パッケージ)に封入したタイプで外形が同形状のものを採用しており、フランジ部分(ステム)の直径はφ9.0mmである。

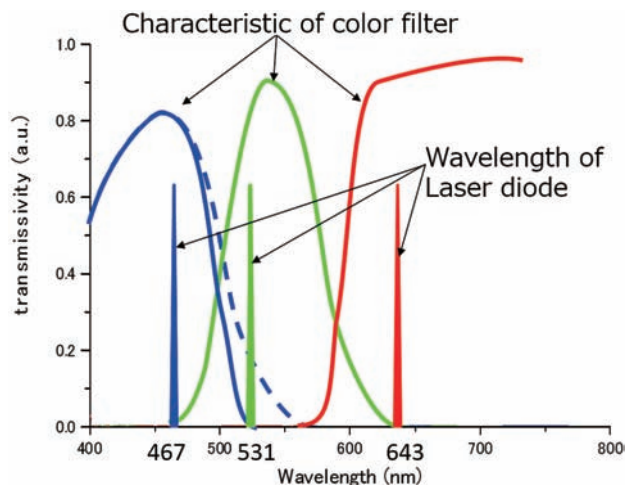
3.3 液晶パネルのカラーフィルター

先にも述べたが、液晶ディスプレイは表示素子の内部に備えてRGBのカラーフィルターによってバックライト光からRGBの3色を取り出している。カラーフィルターの透過特性を模式的に示した図6のように、RGB各色とも透過帯域幅を持っており、特にBとGが混ざり合う帯域がある。BT.2020



Red Green Blue LD

■図5. RGBレーザーの外観

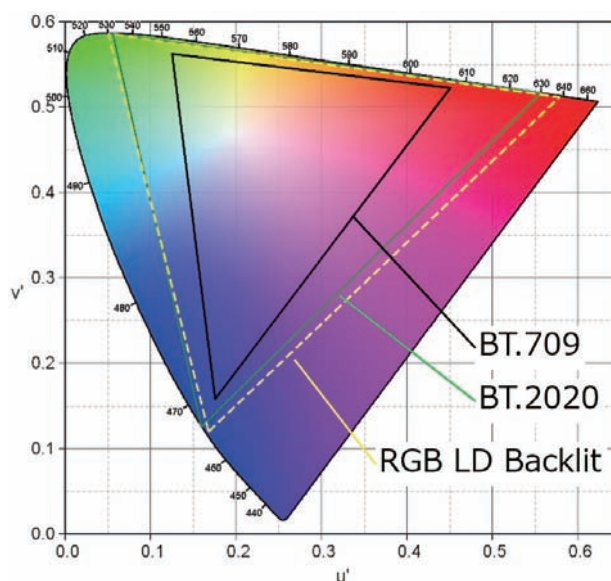


■図6. 光源スペクトルとカラーフィルターの透過特性(模式図)

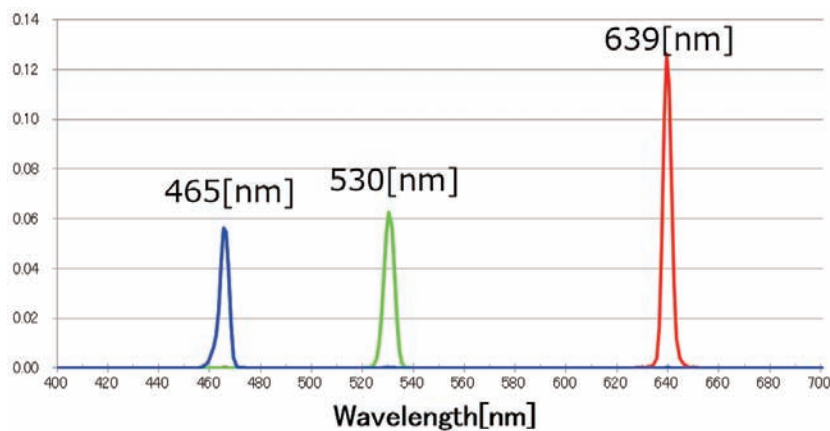
の定める相当波長と比べるとBの透過特性が550nm近傍まで広がっているため、画面上でBを再現した場合にGの光が混ざり込んで色が濁る(色純度が下がる)ことになる。この混ざり込みを改善するため、Bのカラーフィルターを調整した。図6の中でBの点線が初期透過特性で、実線が改善透過特性を示している。このようにカラーフィルターの透過特性を改善することで、パネルによる色純度の低下を極力抑制した。

4. ディスプレイの光学特性

本ディスプレイを分光放射輝度計により測定した結果を図7のCIE1976UCS色度図と図8のスペクトル分布図に示す。



■図7. 測定結果: 色度図



■ 図8. 測定結果：スペクトル

図7に示すようにBT.2020の色域をほぼカバーしており、色域のカバー率は98%である。また、液晶パネル越しに測定したRGBの波長は639nm、530nm、465nmとなった。BT.2020が定める色域の相当波長はGが532nm、Bが467nmであるので、GとBの波長が数nm短波長側にシフトしていたことになる。RGBレーザー光源は相当波長と同等の波長をそれぞれ選定していることから、カラーフィルターの透過特性の最適化が十分ではなく、BカラーフィルターにGレーザー光が混ざり込んだだけでなく、GカラーフィルターにBレーザー光も若干混ざり込んでいたことを示していると考えられる。したがって、カラーフィルターの透過特性を更に改善できれば、BT.2020の色域カバー率が100%に限りなく近づくはずである。

5. まとめ

三菱電機と日本放送協会放送技術研究所は共同で、RGB半導体レーザーをバックライト光源に採用することで、BT.2020が定める色域にほぼ対応した超広色域な色再現性を実現したレーザーバックライト液晶ディスプレイを開発した。このディスプレイは2015年5月に開催された日本放送協会の技術研究所公開と同年10月に開催されたCEATEC JAPAN 2015に出展し、一般公開した。

参考文献

- [1] Rec. ITU-R BT.2020, “Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange” (2012)
- [2] Rec. ITU-R BT.709-5, “Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange” (2002)
- [3] M.R.Pointer, “The gamut of real surface colors,” *Color Research and Application*, vol.5, no.3, pp.144-155, (1980)
- [4] J. Someya, et al., “Laser TV : Ultra-Wide Gamut for a New Extended Color-Space Standard, xvYCC”, *SID07 Digest*, pp. 1134-1137 (2006)
- [5] H. Sugiura, et al., “65-inch, Super Slim, Laser TV with Newly Developed Laser Light Sources”, *SID08 Digest*, pp. 854-857 (2008)
- [6] M. Kuwata, et al., “A 65-in. slim (255-mm depth) laser TV with wide-angle projection optical system”, *Journal of the Society for Information Display*, 17/11, pp.875-882 (2009)
- [7] E. Niikura et al., “Development of Laser Backlighting LCD Television”, *IDW' 12*, pp.287-288 (2012)
- [8] Mitsubishi Electric Co. “News Release No.1210”, (2012)
- [9] N.Okimoto, et al., “Development of a Laser Optical System for a 4K Laser-Backlit LCD TV” *SID 2015 DIGEST*, pp.1067-1069
- [10] Mitsubishi Electric Co. “News Release No.1426”, (2014)