

液晶ディスプレイに対する メリットを備えたレーザバックライト

クリス・チノック

液晶ディスプレイのバックライトとしてLEDの代わりに偏光されたレーザ光を使用すると、効率は倍増し、色域は拡大する。

液晶ディスプレイ(LCD)では、バックライトを用いて光を生成する。生成された光は、LCDパネルによって変調される。現在、ほぼすべてのLCDにおいて、LEDがバックライト光源として使用されているが、これの代わりにレーザを使用するための開発が進行している。レーザの使用は、色性能と電力効率の大幅な改善につながる可能性がある。

SID (Society for Information Display)が主催した、最も直近のカンファレンス DisplayWeek (2020年6月7~12日)では、2社がレーザバックライト開発の取り組みに関する論文を発表した。レーザをバックライトに使用するという概念は新しいものではない。過去の設計では一般的に、内部全反射

(Total Internal Reflection : TIR)と抽出構造を用いて、光の均質化とLCDパネルに向けた抽出を行うことにより、レーザによってバックライトを満たすという、従来のLEDベースのバックライトユニットと同じような方法がとられてきた。

この方法の1つの問題は、光の偏光状態が破壊されるために、電力効率面でのメリットがないことである。これは、LCDにおいて、LCDパネルが2枚の偏光板に挟まれていることに起因する。すべてのバックライトが非偏光の光を生成するため、最初の偏光板に入射する際に直ちに50%の光が失われ、電力効率は大きく損なわれる。偏光を反射する偏光板に反射型のバックライトを組み合わせたものが開発されてい

るが、それでもおそらく光スループットは、せいぜい10~15%しか上昇しない。目標は、プレ偏光板が不要な、偏光レーザベースのバックライトを開発し、電力効率を大幅に改善することである。

レーザバックライトの2つめの明白なメリットは、実現可能な色域が広いことである。4K/8Kコンテンツに対する色域規格は、BT.2020である。しかし、この色域は非常に広く、これを達成できる商用フラットパネルディスプレイはまだ存在しない。その結果、4K/8Kコンテンツは、それよりも狭いDCI-P3の色域でマスタリングされている。DCI-P3は映画館のスクリーンに対して用いられているものだ。BT.2020の色域全体をカバーするには、基本的にレーザ光源の使用が必須である。規定されているRGB原色がスペクトル軌跡上にあるためである。これは、それらが単一波長の原色であることを意味する。赤色、緑色、青色(RGB)のLEDや、量子ドットであっても、半値全幅(Full Width Half Maximum : FWHM)のスペクトルバンドは数十ナノメートルもあり、BT.2020の色域全体をカバーするには広すぎる。FWHMが10ナノメートル未満のRGBレーザならば、この色域を実現できる可能性がある。

また、レーザを使用すればカラーフィルタを取り除くことができるため、

配向複屈折 $\Delta n = f \cdot \Delta n^0$
 f: 配光度
 Δn^0 : 固有複屈折
 光弾性複屈折 $\Delta n = C \cdot \Delta \sigma$
 C: 光弾性定数
 $\Delta \sigma$: 主応力差
 モノマーA、B、Cの共重合体

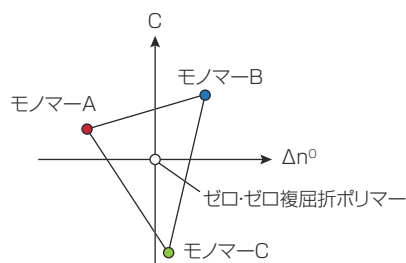


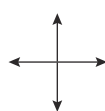
図1 ポリマーと直交偏光板を通じた光透過。



ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー



ポリカーボネート(従来品)



偏光軸

色性能を犠牲にすることなく、コストを削減して、効率をさらに高めることができる。

ジャパンディスプレイの小村真一氏は、同社の第2世代レーザーバックライトディスプレイについて説明し、第2世代で新しいのは、ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーというものを導光板の材料として採用していることだと述べた(図1)。導光板とは、入力LEDまたはレーザーからの光の混合と均質化が行われる部分である。一般的なポリマーベースの導光板は、複屈折が均一ではないため、偏光光源を使用した場合に、偏光に空間的ばらつきが生じる。それに対してジャパンディスプレイが考案した賢明な解決策は、光弾性定数と固有複屈折率の値がそれぞれ異なる、3種類の異なるモノマーからなる、ハイブリッドポリマーを設計するというものだった。これによって、それら2つのパラメータがゼロとなる複合材料が得られ、バックライト全体にわたって空間的にかなり均一性の高い偏光状態が生成される。

ジャパンディスプレイが考案した2つめのイノベーションは、2枚の導光板を採用したバックライトアーキテクチャである(図2)。1枚の導光板に

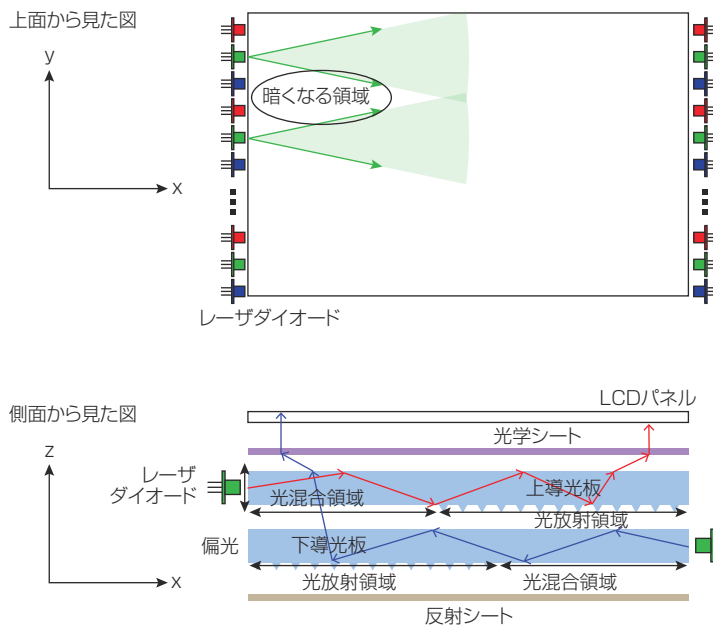


図2 2枚の導光板を採用したバックライト構造

において、側面に取り付けられたLEDまたはレーザーは、LCDへの配向と抽出の前に光を混合するために、一定の距離が必要である。ジャパンディスプレイが選択したレーザーの場合は、この混合領域がかなり広く、空間的に非常に不均一な白色光が得られてしまう。そこで、2枚目の導光板を1枚目の下に配置し、レーザーダイオードの配置領域を1枚目と反対側にすることによって、放射光が均一になるようにバランスをとる。

最後にジャパンディスプレイは、この新しいゼロ・ゼロ複屈折ポリマーのバックライトを採用した、17.3インチ、8K解像度のディスプレイを構築した。従来型の導光板を採用した第1世代のディスプレイと比べて、98%というBT.2020色域のカバー率を維持したままで、輝度は435cd/m²から1090cd/m²に向上したという。

オーストリアのウィーンを拠点とするヴィトリアラブ社 (VitreaLab) は、RGB レーザ光ディスプレイを実現する

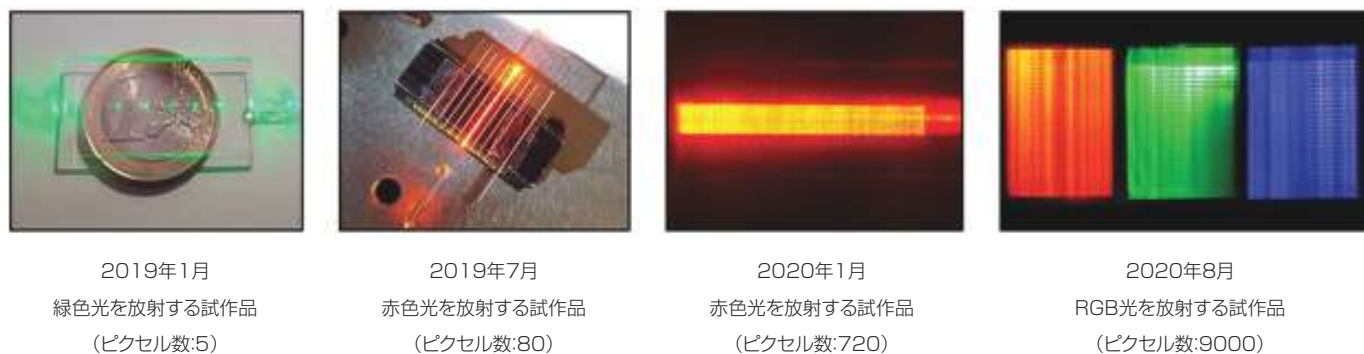


図3 ヴィトリアラブ社は20カ月の期間をかけて、レーザーバックライト試作品のピクセル数を5個から9000個にまで増加させた。

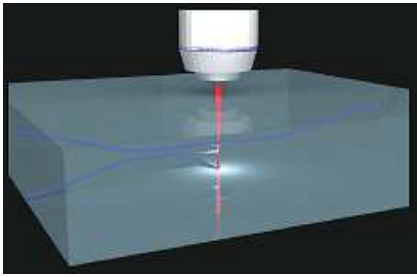


図4 工業グレードのレーザーによって、レーザー光導波路がガラスバックプレーンに書き込まれる。

ための異なるアプローチについて説明した。将来的には、空間光変調器 (Spatial Light Modulator : SLM) を照らすように変更して、ホログラフィックディスプレイを構築できる可能性も秘めている。

同社共同創設者のヨナス・ツォイナー氏 (Jonas Zeuner) とキアラ・グレガンティ氏 (Chiara Greganti) は、ガラスベースの導光板において、特殊なレーザー書き込み手法を採用していると説明した。この手法により、レーザー光をディスプレイの各サブピクセルに配向するための、数百万もの微細な (数ミクロンの) シングルモード導波路素子を作成することができる。光を抽出して LCD パネルに配向するための微細なミラーも、各サブピクセルの下に配置されている。

ヴィトリアラブ社は、このアプローチによって偏光板とカラーフィルタを LCD から取り除くことができると考え

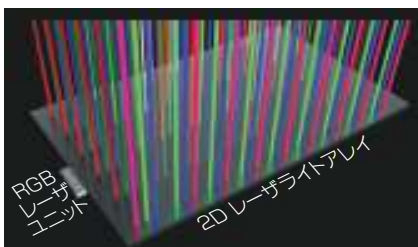


図5 ナノインプリントされたミラーによって、光がガラスバックプレーンから抽出され、LCD パネル (図には示されていない) に配向される。

ている。それによって設計者は、消費電力を約80%削減するか、輝度が5倍のディスプレイを製造するか、あるいは、その両極端の間を選択することができる。波長を正しく選択することにより、BT.2020 色域の95%以上をカバーできるはずだという。また、レーザー光ははるかに高いコリメーションが得られるので、クロストークが抑えられ、LCD パネルのネイティブなコントラストが改善されるはずである。

同社チームはこれまでに、小規模なプロトタイプアレイを製作し、その概念が有効で、RGB 光を生成することを実証している (図3)。今後1年間で、潜在顧客がそれぞれのアプリケーションをより適切に評価するために使用することのできる、より包括的な開発者キットとプロトタイプを開発する計画である。また、効率の改善に取り組み、量産が可能であることを実証する必要がある。

ヴィトリアラブ社は、ガラスバックプレーンにおける導波路の「書き込み」に工業グレードのレーザーを使用しているが (図4)、波長をはじめとするプロセスパラメータについては、現段階では企業秘密であるとして公表しなかった。この書き込みプロセスの高速化と、正確性と均一性の確保に向けた開発は、同社がこれから行うべき作業である。

抽出に必要なミラーは、ナノインプリントという製造手法で作製され、複数の企業から簡単に入手することができる。ヴィトリアラブ社によると、これはシングルシート方式であるという。ここでの課題は、わずか数個のレーザー

光源からディスプレイ上の数百万ものサブピクセルまでレーザー光を伝送し、LCD パネルに垂直に抽出するための正しい角度でそれを供給することのできる3Dパスを、ガラスバックプレーンに作成することである (図5)。これがこの技術の背後にある企業秘密であるため、ツォイナー氏とグレガンティ氏はこのプロセスについて具体的に説明することはできなかった。

RGB レーザダイオードの1つのバンクで、スマートフォンサイズのディスプレイに対応でき、画面サイズがそれよりも大きくなると、追加のレーザーが必要になる。そのようなレーザーは、量産品として1個1ドルほどで入手できるはずだと、ツォイナー氏とグレガンティ氏は見積もっている。レーザーバンクからのレーザービームの伝送方法によっては、ローカル調光も可能となる場合がある。

このタイプのバックライトを使用して、より大きなサイズの真のホログラフィックディスプレイを構築することも可能かもしれない。今日のホログラフィックディスプレイは、レーザー光と空間光変調器を使用して主に製造されており、特別に考案された LCOS (Liquid Crystal On Silicon) のマイクロディスプレイである。新しいレーザーバックライトは、標準的な LCD パネルを使用して、ラスタベースの画像の代わりに位相ホログラムをパネルに書き込む可能性を切り拓く。この概念の実現には、かなりの開発作業が必要になるが、非常に魅力的な可能性を秘めている。

著者紹介

クリス・チノック (Chris Chinnock) は、業界コンサルタント兼ライターで、ミニ/マイクロ LED、8K、ライトフィールド/ホログラフィック、AR/VR/MR など、新しいディスプレイエコシステムに従事するクライアントにサービスを提供している。8K アソシエーション (8K Association) のエグゼクティブディレクターも務めている。e-mail: chris@insightmedia.info