

偏光レーザーバックライト液晶ディスプレイを開発 ～高い色再現性を高効率で実現～ (産学共同実用化開発事業 (N e x T E P) の成果)

ポイント

- 従来の液晶ディスプレイ技術でBT. 2020の高い色再現性を実現しようとする、光利用効率が低いために輝度が足りない／電力が増大するということが課題だった。
- ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーを用いて、レーザーの偏光を維持したまま液晶ディスプレイパネルに光を照射することで、偏光板での吸収ロスをなくした偏光レーザーバックライト液晶ディスプレイを開発した。
- BT. 2020の高い色再現性を高い光利用効率で実現することが可能となり、ほぼすべての自然色を表示することが可能なディスプレイの早期商品化が期待される。

JST (理事長 濱口 道成) は、産学共同実用化開発事業 (N e x T E P) の開発課題「フォトニクスポリマー技術による高性能液晶ディスプレイ」の開発結果を成功と認定しました。この開発課題は、代表研究者である慶応義塾大学 理工部の小池 康博 教授らの研究成果をもとに、平成27年3月から令和2年3月にかけて株式会社ジャパンディスプレイ (代表執行役社長 菊岡 稔、本社住所 東京都港区西新橋3-7-1ランディック第2新橋ビル、資本金1,906億円) に委託し事業化開発を進めていたものです。

2018年に本放送が始まったスーパーハイビジョンでは、ほぼ全ての自然色を表現することが可能な、高い色再現性を持つテレビ放送用の国際規格であるBT. 2020規格^{注1)}が採用されています。BT. 2020規格の色域^{注2)}を実現するためには、従来のLED光源に代わって色純度の高いレーザー光源が必要です。そこで本開発では、レーザー光源により色域を実現するのと併せて、代表研究者らの成果である複屈折^{注3)}を持たないポリマーを導光板に用いることで、直線偏光^{注4)}が得られるレーザー光源のメリットを活かした、光利用効率の向上を目指しました。

試作した17.3インチ偏光レーザーバックライト液晶ディスプレイによって、従来より約2倍の高い光利用効率でBT. 2020規格の色域を98%カバーする高色再現性が実現できていることを実証しました。

本開発により、今後市場のニーズにあわせて高性能液晶ディスプレイ用バックライトを供給可能な技術を確立し、最初の市場として想定されている放送局用マスターモニターやバーチャルリアリティ (VR) 用ヘッドマウントディスプレイ等への適用により、ほぼすべての自然色を表示することが可能なディスプレイの早期商品化が期待されます。

<背景>

2018年に本放送が始まったスーパーハイビジョンでは、ほぼ全ての自然色を表現することが可能な非常に高い色再現性のBT. 2020規格が採用されています。これはアナログテレビの規格に比べて約134%広い色域を表現できる規格です。一方で、現在液晶ディスプレイのバックライトの光源に利用されている発光ダイオード(LED)を光源とした場合の色再現性は従来のアナログテレビの規格(BT. 2020の色域の約75%をカバーする)が限界であると考えられています。

BT. 2020の色域を実現するためには、従来のLED光源に代わって色純度の高いレーザー光源を用いることが必須となります。本開発では、高い色再現性を高い光利用効率(投入電力に対する輝度の割合)で実現する偏光レーザーバックライト液晶ディスプレイの実用化を目指しました。

<開発内容>

液晶ディスプレイでは通常、無偏光のバックライト光から、偏光板で特定の直線成分だけを取り出し液晶ディスプレイパネル裏面に照射しています。この時点でおよそ半分の光が無駄になっています。バックライトから直接、直線偏光を取り出すことが出来れば偏光板による光の吸収はなくなり、原理的には従来の2倍の輝度を実現することが可能となります(図1)。

色域を実現するために光源に利用するのは、色純度が高いレーザーです。レーザーは直線偏光を直接取り出すことができるため、これをそのまま液晶ディスプレイパネル裏面に届けることができれば、偏光板による光の吸収を避けることができます。

透明な材料に光が入射するとき、境界で光が折れ曲がる屈折現象が起こります。現在バックライトの導光板等の材料として用いられているポリマーは、光の屈折方向が二方向に分かれる複屈折を起こし直線偏光を維持したまま伝えることができません。

そこで、代表研究者である慶応義塾大学理工学部 小池教授の発明による複屈折を起さないゼロ・ゼロ複屈折ポリマー^{注5)}を導光板に用いることで光源の直線偏光をそのまま伝える導光板を開発しました(図2)。またレーザー光源から出射される光は広がり方が小さく十分に光を重ね合わせて液晶パネルに届ける事ができません。そこで、画面右側に配置した光源で画面左側を、画面左側の光源では右側を照射することで、導光板の中で光を十分に重ね合わせ、均一な面発光を実現する偏光レーザーバックライトを開発しました(図3)。

開発した偏光レーザーバックライト技術を用いて、17.3インチ液晶ディスプレイを試作しました(図4)。色域はBT. 2020規格の色域を98%カバーしており、高い色再現性が達成されました(図5)。

<期待される効果>

本開発により、BT. 2020の色域を高い光利用効率で実現できることがわかりました。最初の市場として想定されている放送局用マスターモニターやVR用ヘッドマウントディスプレイ等への本開発技術の適用により、ほぼすべての自然色を表示することが可能なディスプレイの早期商品化が期待されます。

<参考図>

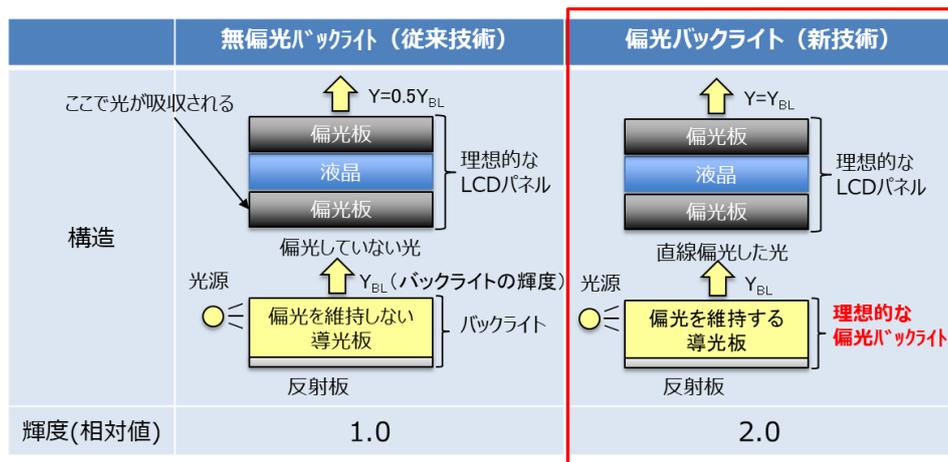


図1 偏光バックライト液晶ディスプレイの輝度

液晶ディスプレイパネルの光透過率は、偏光板の吸収軸方向の光が吸収されるため、最大でも50%に抑えられてしまう。理想的な偏光バックライトが実現できれば、偏光板による光吸収がなくなるため2倍の輝度が実現可能となる。

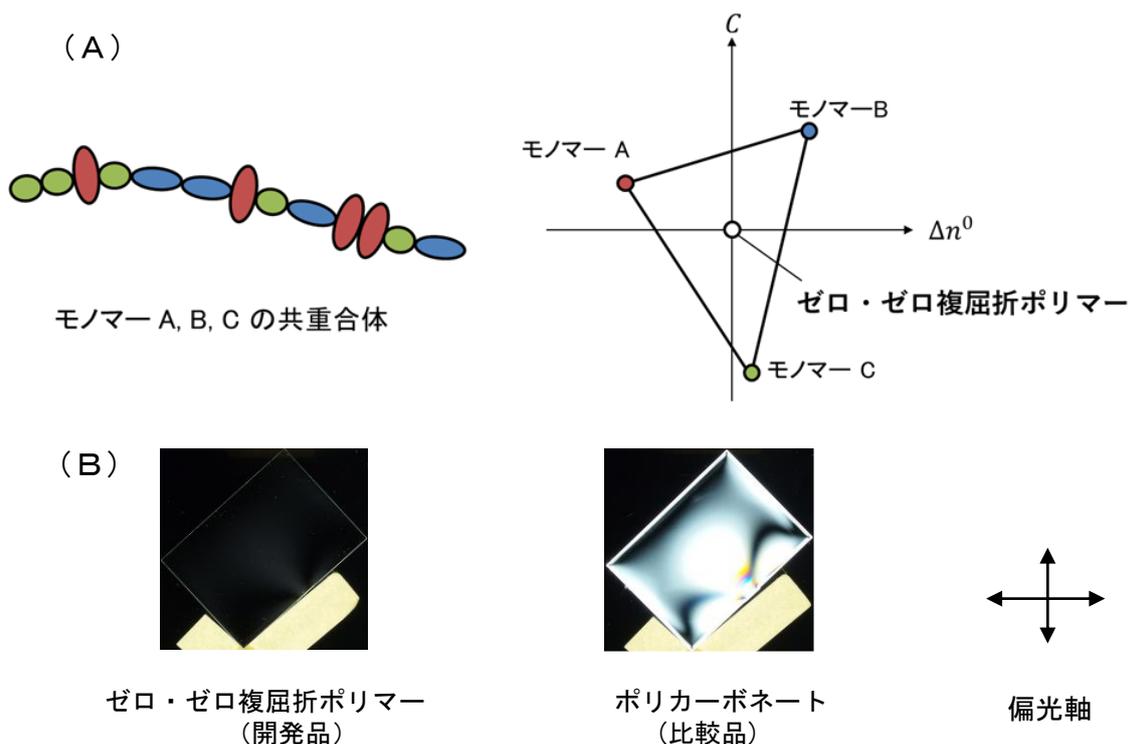


図2 ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー

ゼロ・ゼロ複屈折ポリマーは透過光の偏光軸を維持する材料であり、レーザー光の偏光軸を維持したまま液晶ディスプレイの偏光板まで光を導くことができる。

(A) ポリマー材料の固有複屈折率と光弾性定数がゼロになるように、固有複屈折率と光弾性定数の異なる3種類のモノマーの共重合体を配合している。

(B) 上下2枚の偏光板を偏光軸が直交するように配置して重ね、その間に板厚1.5mmのポリマーを挿入して光の透過状況を観察したもの。

左のゼロ・ゼロ複屈折ポリマーでは直線偏光が維持され、光が透過していない。

右のポリカーボネートでは、直線偏光が維持されず光の透過が観察されている。

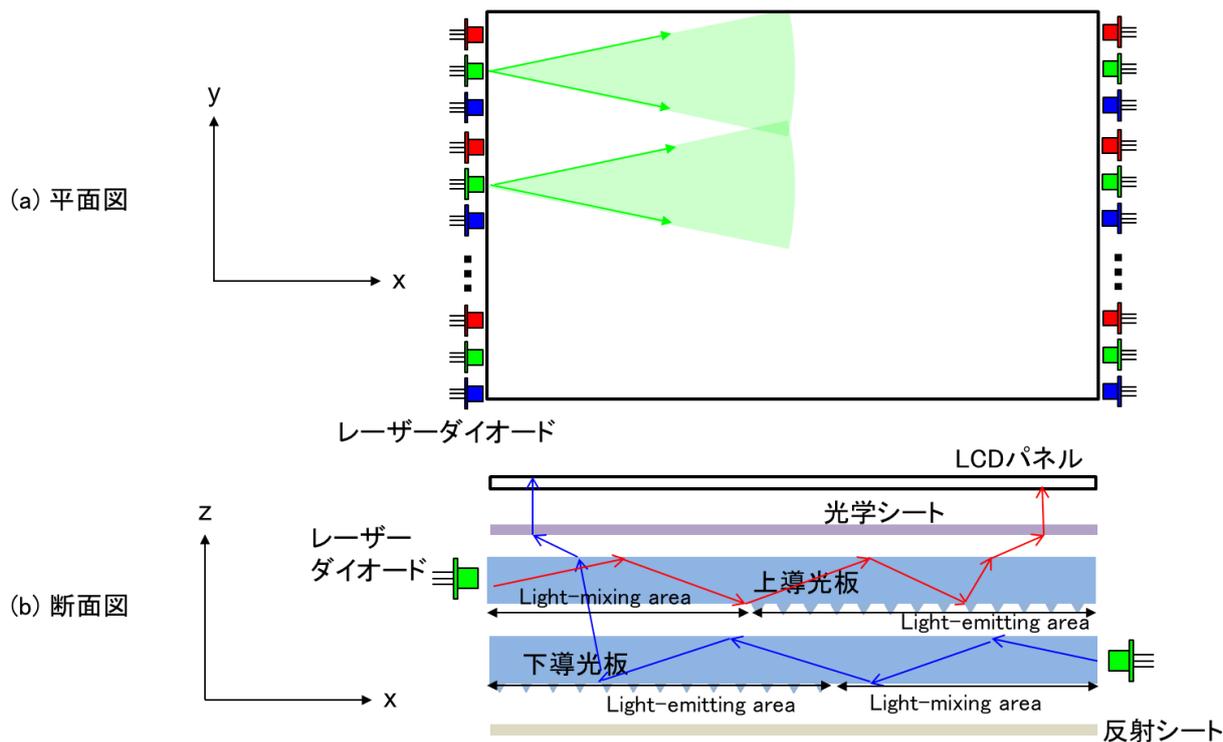


図3 2枚型導光板方式の偏光レーザーバックライト液晶ディスプレイの構成
 導光板左側にレーザーダイオードを配置した上導光板は、おおよそ右側半面から光が出射し、導光板右側にレーザーダイオードを配置した下導光板は、おおよそ左側半面から光が出射する。導光板への光の入射から出射までの距離を取ることで均一な面発光を得ている。



図4 17.3インチ偏光レーザーバックライト液晶ディスプレイ試作品
 サイズ (対角): 17.3 inch、画素数: 7,680×4,320 (8K)、
 精細度: 550 ppi、輝度: 1,090 cd/m²、コントラスト比: 2,180、
 BT.2020カバー率: 98%。

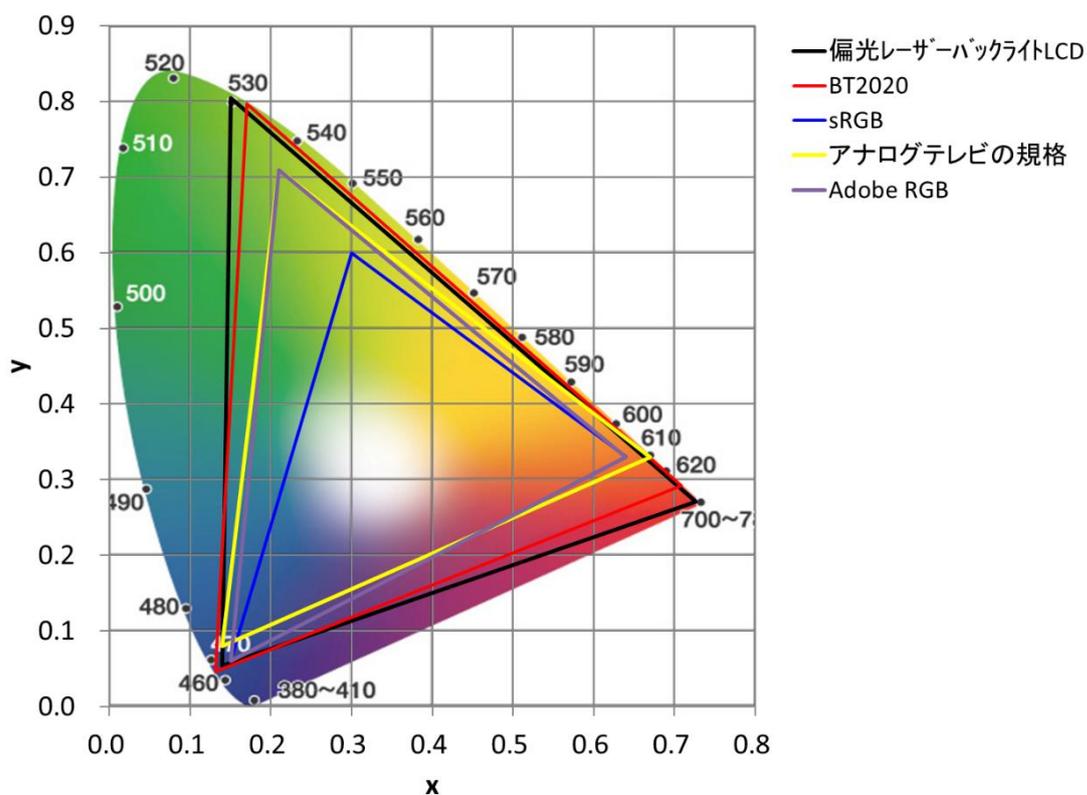


図5 色再現性の測定結果

試作した17.3インチ偏光レーザーバックライトの赤緑青の色度を測定した結果をx y色度図上にプロットした結果。赤線はBT. 2020で指定される色域。表示できる色空間の98%をカバーした。青い線で囲まれる領域はsRGB規格で、1999年に設定された一般的な液晶画面の色域を示している。黄線はアナログテレビの規格の色域で、紫色はAdobe RGBの色域を示している。

<用語解説>

注1) BT. 2020

ITU-R (The International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) が定めたUHDTV (ultra-high-definition television) の規格。2018年に本放送が始まったスーパーハイビジョンで採用されている。

注2) 色域

人間の目で認識可能な色の範囲（可視領域）の中で、色再現可能な範囲を定めたもの。

注3) 複屈折

非等方性をもつ媒質に光が入射するとき、2つの屈折光が現れる現象。多くのポリマーは、その分子1つ1つがひも状になっており、成形を行うとポリマー分子は配向する。このように配向したポリマーは、配向方向と、配向方向に直交する方向では屈折率が異なり、これを配向複屈折という。また、ポリマーが外力を受けた時に発生する複屈折を光弾性複屈折という。

注4) 偏光

電場（および磁場）の方向が規則的な光のこと。偏光板は特定の方向に偏光した光だけを通過させる板のこと。

注5) ゼロ・ゼロ複屈折ポリマー

配向複屈折も光弾性複屈折も持たないポリマーはゼロ・ゼロ複屈折ポリマーと呼ばれ、屈折率が透過する光の方向に依存しない特徴を持ち、本課題の代表研究者である小池康博教授によって開発された。