TN 方式 LCD の視野角拡大フィルム

LCD の欠点である視野角を画期的に拡大する「WV フィルム®」の開発に成功し、現在の LCD の繁栄に少なからず貢献できたと考え、今後の LCD のさらなる発展に向け、LCD の基幹部材メーカーとして、LCD の性能向上、コストダウンを実現する新製品を提案し、部材の安定供給に努めていきたい。

伊藤 洋士
御林 慶司

1. はじめに

液晶ディスプレイ (LCD: Liquid Crystal Display) は、薄く、軽量で、低消費電力という特徴を有し、ノートパソコンやカーナビ、デジタルカメラ、携帯電話などの用途に使われてきた。最近では、高画質化、低価格化が進み、従来ブラウン管が使われていたモニター、テレビ用途の大型パネルにも使用され始め、LCD 全体の市場規模は 2007 年に 5 兆円超と言われている。

図 1 に、代表的な透過型 LCD の断面図を示す。LCD には、光の ON/OFF 機能をする液晶セル、偏光板、バックライト以外に、高画質を実現する機能フィルムが数多く使用されている。当社は、偏光板に使用されているトリアセチルセルロース (TAC) フィルムの最大供給メーカーであり、今後の LCD の発展のために、下記のコンセプトで新製

品・新技術の開発を進めている。

- (1) TAC フィルムを基盤とした光学補償機能付与
従来の LCD 製造プロセスを変更することなく、LCD の視野角性能を向上させ、部材点数/工程数を削減し、LCD のコストダウンに寄与できる層設計
- (2) 光学補償フィルムのムラ改良

LCD の高輝度化、大サイズ化に対応できる品質改良
本稿では、TN (Twisted Nematic) 方式用光学補償フィルムである「WV フィルム®」の開発を中心に、当社の研究開発について述べる。

2. TAC フィルムを基盤とした光学補償機能付与

2.1 LCD の光学補償に関する従来の考え方

最初に、LCD の視野角依存性と補償方法をモデル化した従来の手法について説明する。

LCD は、外から電圧を加えられることで、液晶セル中の棒状液晶が立ち上がったり、寝たりして光の ON/OFF を行っている。一昔前の LCD の黒表示は、正面から見ると黒く見えるが、斜め方向から見ると、光が漏れたり、色がついて見えていた。

液晶セルは棒状液晶が一樣に配向した集合体と考えられ、ラグビーボール型の楕円体としてモデル化されてきた。このような物体に光が入射したとき、この楕円体の断面の長軸と短軸の長さの差が複屈折になる。複屈折を透過

図 1 透過型 LCD の代表的な層構成

ITO, Youji (左)

富士写真フイルム(株)フラットパネルディスプレイ材料研究所 (250-0193 南足柄市中沼 210)。1990年 京都大学大学院工学研究科修士課程修了。専門は高分子物性。

MIHAYASHI, Keiji (右)

同上・研究所長。1978年 早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。専門は高分子化学。

WV: An Optical Compensation Film for Wide-Viewing Angle TN-TF-LCD's

図2 LCDの光学補償の考え方

率と読み替えると感覚的に理解しやすい。このラグビーボール型の楕円体としてモデル化された物体を図2(a)の上から下方向へ見ると、断面は円となり、複屈折が生じない。上方向から徐々に見る角度を大きくしていくと、楕円体の断面は長軸/短軸比の大きな楕円となり、複屈折が大きくなっていく。このように複屈折が見る方向によって変化することが、LCDの視野角依存の原因である。

一方、光学的に“アンパン”型の楕円体としてモデル化された光学補償体を想定すると、上方向から見ると断面は円となり、入射角を大きくしていくと、“ラグビーボール”と楕円体の方向が90°異なる、長軸/短軸比の大きな楕円となる(図2(b))。“ラグビーボール”と“アンパン”の楕円体を図2(c)のように組み合わせると、2つの断面である楕円が長軸を直交して重ね合わせられるので、全体としてみると円、すなわち複屈折がゼロとなる。

この光学補償モデルをもとに、液晶セルを単純なラグビーボールモデルと想定し、光学軸が液晶セルに垂直な方向にある位相差板(アンパンモデル)や、光学軸が傾斜した一様配向をもった位相差板^{1),2)}(斜めアンパンモデル)などが当初検討されたが、現在のような広範囲な用途に使用できるレベルの視野角には到達しなかった。これは、液晶セルが従来の楕円体モデルで記載できないような光学的に複雑な構造をとっているからである。

2.2 WV フィルム®の考え方とTN方式LCDへの適用

LCDのもっとも一般的な表示方式であるTN方式の黒表示部ではセル中の液晶分子はねじれながら立ち上がっている。基板面近傍では液晶分子はおもに水平になっており、セル中央部では、おもに垂直に立ち上がっている。とくに立ち上がりかけた領域では液晶分子は大きなゆらぎをもっており、液晶セル全体としては、光学軸がない複雑な構造と考えられる。当社は、この複雑な構造に対して分子レベルの光学補償を検討し、当初は予想もしていなかったディスコチック液晶(DLC)のハイブリッド構造を有するWVフィルム®に到達した。

黒表示状態のTN方式の液晶セルにWVを配置した状態を簡略化したモデルを図3に示す。液晶セル内の棒状液晶分子が立ち上がりつつある領域をDLCのハイブリッド構造を用いて分子レベルで精密に補償(図3領域の関

図3 WVフィルム®のTN方式への適用

図4 ハイブリット配向の検証

係)し、棒状液晶分子がほぼ立ち上がっている領域を面内の複屈折を精密に制御したTACフィルムで光学補償(図3領域の関係)するように設計されている。このWVフィルム®をTN方式の液晶セルの上下に配置することによって、視角による光漏れが改良され、“黒”がどこから見ても、より“黒く”見えることが実現できる。

この図では、厚み方向の配向変化をわかりやすく提示してあるが、実際の液晶セルやWVフィルム®は、はるかに複雑な構造であることが解明されつつある³⁾。

2.3 DLCの配向制御

当社が開発したDLCは、親水的な配向膜付近では、円盤面が配向膜面にはほぼ水平となる分子が多くなり、疎水的な空気界面付近では、円盤面が空気界面に対してほぼ垂直となる分子が多くなるように、分子設計されている。配向膜と空気界面の間ではDLC分子はさまざまな中間の傾斜角となり、DLC層全体としては、液晶セル中の棒状液晶と同じように、ゆらぎをもったハイブリッド配向を実現できている。図4にレターデーション値の視野角依存性のデータを示す。ハイブリット配向フィルム(WVフィルム®)は、従来の補償方法である「傾斜した一様配向(負アンパン)モデル」とは視野角依存性が明らかに異なることがわかる⁴⁾。

2.4 TACフィルムの光学制御

TACフィルムは、主鎖に対して垂直方向にアセチル基を有するため、延伸などの既存技術で複屈折を制御することが難しいことが知られている。筆者らは、TACフィルム

図5 WV フィルム®の視野角改良効果

図6 パネル周辺部の光漏れ

の製造プロセスを見直し、さらに新規な複屈折制御化合物を開発することで、TAC フィルムの面内、もしくは厚み方向の複屈折を自由にコントロールすることができるようになった。

2.5 WV フィルム®の視野角拡大効果

以上述べた DLC の高度な配向制御と、TAC フィルムの光学制御技術により、WV フィルム®は第一世代、第二世代と順調に品質向上を遂げている。視野角拡大効果の比較を図5に示す。等コントラスト曲線を比較すると、第二世代 WV フィルム®での、視野角拡大効果は非常に顕著であり、また、コストパフォーマンスにも優れているため、モニター市場でのデファクトスタンダードとなっている。

3. 光学補償フィルムのムラ改良⁵⁾

LCD の画面サイズが大きくなると、高温高湿の条件にさらした際に、パネル周辺部で光漏れが生じるという問題がある。図6に示すように、偏光板は光学補償フィルムを内側にして液晶セルのガラスに固定されている。高温や高湿に置くと、ポリビニルアルコール (PVA) を延伸して作製された偏光子は縮もうとする。ところが、偏光板や光学補償フィルムは粘着剤でガラスに固定されているため、これらのフィルムには応力ひずみが発生する。この応力ひずみによってガラスと偏光子の間に配置されたフィルム (TAC フィルムや光学補償フィルム) に複屈折が生じ、光漏れが生じるのである。

図7 TAC フィルムの厚みとパネルの光漏れ強度の関係

この応力ひずみは、有限要素法を用いた計算で予測することが可能であり、「偏光子層を薄くする」、「光学補償フィルム-ガラス間の粘着剤の弾性率を下げる」、「光学補償フィルムを薄くする」などの光漏れ対策指針が得られている。図7に、TAC フィルム (WV フィルム®の支持体) の厚みとパネル周辺部の光漏れ (透過率) の関係を示す。偏光子とガラスの間に配置された TAC フィルムの厚みを減らすことで光漏れが著しく低減される。TAC フィルムの厚みを減らすと、複屈折が変化するために、十分な視野角拡大効果が得られなくなる。筆者らは、TAC フィルムの厚みが薄くなっても従来の光学特性が維持できるように新しい複屈折制御化合物を分子設計し、視野角拡大効果と光漏れ改良の両立させることに成功した。

4. WV フィルム®の今後の展開

以上述べてきた技術の展開として、当社は、第二世代の視野角を維持したまま、光漏れ改良と厚みムラ改良を盛り込んだ第三世代 WV フィルム®を開発し、大型モニター市場で好評を得ている。さらに、視野角のさらなる拡大を目指し、新製品の設計を行っている。一方、DLC を水平や、垂直に配向制御する技術、また TAC フィルムの光学特性の制御範囲を拡大する技術を開発し、すべての液晶表示方式に応用できる新しい WV フィルム®を開発中である⁶⁾。

当社は、LCD の基幹部材メーカーとして、LCD の性能向上、コストダウンを実現する新製品を提案し、安定供給に努めていきたい。

文 献

- 1) 松本, 中川, 角尾ら: 特開昭 63-239421 (1987.3.27 出願)
- 2) 荒川, 西浦, 伊藤: 特許 2565644 号 (1992.11.18 出願)
- 3) 高橋, 渡辺, 加藤: 2004 年液晶討論会 (inprinting)
- 4) H. Mori, M. Nagai, H. Nakayama, Y. Ito, K. Kamada, K. Arakawa, K. Kawata: SID '03 Digest, p. 1058 (2003)
- 5) E. Aminaka, Y. Ito, M. Murayama, N. Fukagawa, M. Wada, H. Mori, K. Takeuchi, K. Miyahashi: IDW '03 Digest, p. 689 (2003)
- 6) Y. Itoh, H. Mori, K. Kawata, M. Okazaki, Y. Shinagawa: IDW '00 Digest, p. 411 (2000)