

# 富士フィルム WV film ワイドビュー SA の開発

森 裕行\*, 伊藤 洋士\*, 渡部 淳\*, 品川 幸雄\*

## Development of WideView SA, a Film Product Widening the Viewing Angle of LCDs

Hiroyuki MORI\*, Yoji ITOH\*, Jun WATANABE\*, and Yukio SHINAGAWA\*

### Abstract

Fujifilm WV Film WideView A (WV film), which utilizes a discotic compound, is widely used for TN mode TFT-LCDs because it improves the viewing angle characteristics without disturbing the LCD manufacturing processes. The WV film is based on a novel concept of optically compensating all the birefringent components in the dark-state, complicated by aligned liquid crystal cell. We have developed a new generation optical compensation film called "Fujifilm WV Film WideView SA (WV-SA film)" by further optimizing the thickness and the alignment structure of the discotic layer. The newly developed WV-SA film is supplied with a polarizer directly attached to it. The WV-SA film is more effective in improving the viewing angle characteristics than the previous WV film. The WV-SA film is expected to be applied to liquid crystal TVs especially when combined with a TN cell that has a smaller cell gap.

### 1. はじめに

液晶ディスプレイ(LCD)の用途展開は、最近急速に進んでいる。時計、電卓に始まり、携帯電話やビデオカメラ、デジタルスチルカメラ、カーナビゲーション、ノートPC、PCモニターに使われており、最近では、液晶テレビも市場投入され、大型化が進んでいる。大画面高精細用途には薄膜トランジスターを各画素に設け、アクティブ駆動させる TFT-LCD が使われている。液晶モードとしては、ツイステッド・ネマティック(TN)モードが主流である。

TNモードを用いた TFT-LCD の大きな問題は、応答速度が遅いこと、視野角が狭いことである。応答速度については、液晶テレビで動画を表示する場合などで問題となる。原因としては、ホールド型といわれる駆動方法と、液晶自体の電界に対する応答の遅さの両方がある。また、視野角の問題は、TFT-LCD を正面から見た画面はきれいだが、斜めから見ると白茶けたり(コントラスト低下)、奇妙な画面になったり(階調反転)する現象となって見られる。この原因の詳細については後述するが、簡単にいうと LCD 中の液晶が光学的に異方性を持つことが原因であり、LCD の本質的な問題である。

視野角の問題を解決するために、LCD メーカーを中心にさまざまな検討がなされてきた。初期のアイデアの代表的なものとしては、TN モード TFT-LCD の画素を複数に分割し、各副画素の配向状態を変化させる方式(配向分割法)がある<sup>1)</sup>。配向方向の異なる液晶層を設けることで、人間の目には光学的に平均化された画像として見える。これにより、液晶の光学的な異方性を平均化させ、低減させようというものである。しかし、TN モードによる配向分割法は、視野角によりコントラストが低下する、製造プロセスが増えるなどの理由で、現在はほとんど用いられていない。

配向分割法のように液晶の配向状態を変化させるのではなく、光学補償フィルムを液晶セルの外側に設けることができれば、製造プロセスを変更する必要はない。しかし、従来の延伸によって得られる光学補償フィルムによる方法(たとえば、Ong による、光軸がフィルム法線方向にある光学的に負の光学補償フィルムの提案<sup>2)</sup>)では、視野角は広がらなかった。それに対して、富士写真フィルムは、1995年にディスコティック液晶を利用した、従来とはまったく異なるコンセプトに基づく新規な光学補償フィルム「WV フィルム」<sup>3),4)</sup>を市場に投入した。WV フィルムは、TN モード TFT-LCD 中の黒表示での液晶分子の配向成分を光学的に補償することで、液晶セルの複屈折の視野角依存性をなくし、視野角を大幅に拡大することに成功した。LCD メーカーは、あらかじめ WV フィルムが貼合された偏光板を LCD の両面に設けることによって、容易に広視野角を得ることが可能になった。

本誌投稿論文(受理2000年10月10日)

\*富士写真フィルム(株)足柄研究所  
〒250-0193 神奈川県南足柄市中沼210

\*Ashigara Research Laboratories  
Fuji Photo Film Co., Ltd.  
Minamishigara, Kanagawa 250-0193, Japan

現在では、カーナビゲーション用LCD、ビデオカメラ用LCD、15インチ以上のPCモニターのほとんどにWVフィルムが採用されている。

本報告では、従来のWVフィルムの光学特性をさらに最適化した「WV-SAフィルム」について報告する。従来のWVフィルムを用いたTFT-LCDの視野角は、上下90°左右120°(典型的な値)であったが、今回開発したWV-SAフィルムによって視野角は上下120°左右160°(同)と大幅に改善され、静止画最高峰といわれるIPS(In-Plane Switching)モード<sup>5)</sup>やMVA(Multi-domain Vertically Aligned)モード<sup>6)</sup>に匹敵する視野角性能を達成した。このことによって、WVフィルムを備えたTNモードTFT-LCDはさらに用途拡大し、液晶テレビなどにも用いられていくものと期待される。

## 2. WVフィルムの光学補償原理

まずは、Fig. 1(a)のようにネマティック液晶が垂直方向に均一に配向している場合を考えてみよう。ネマティック液晶は光学的に正で1軸性を示す。このネマティック液晶の屈折率はラグビーボール型をした楕円体で表すことできる。このように屈折率を3次元方向で表した楕円体を屈折率楕円体と呼ぶ。ネマティック液晶に光が入射したとき、この屈折率楕円体の原点を通る断面の長軸と短軸の長さが、それぞれ異常光、常光の屈折率となる。異常光の屈折率と常光の屈折率の差が複屈折である。このラグビーボール型の屈折率楕円体を光軸方向から見ると、断面は円となるため常光と異常光の屈折率は同じとなり、複屈折が生じない。光軸方向から徐々にずらして入射角を大きくしていくと、屈折率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の視野角が狭いことの主要な原因である。

次に、Fig. 1(b)のように光学的に負の1軸性のフィルムを考えてみる。この場合、屈折率楕円体はディスク状をしており、ネマティック液晶の場合と同様に、光軸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、長軸/短軸比の大きな楕円となる。ネマティック液晶の場合と異なる点は、楕円の方向である。長軸方向はネマティック液晶の場合と負の1軸性フィルムの場合とで直交する。Fig. 1(c)に示したように、ネマティック液晶と負の1軸性フィルムとを光学軸方向が同一となるように組み合わせると、二つの断面である楕円が長軸を直

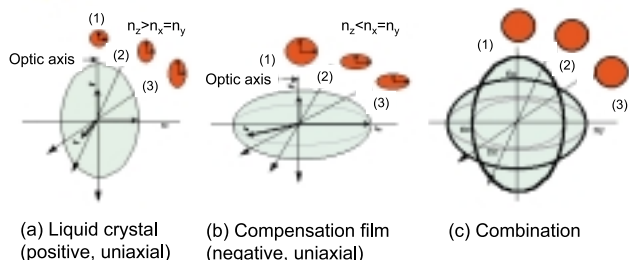


Fig. 1 Basic concept of optical compensation.

交して重ね合わせられるので、全体としてみると複屈折がゼロとなる。つまり、光学的に補償されるわけである。全体を直交した偏光板で挟むと、どの方向から見ても光漏れがなく黒く見える。これがWVフィルムの基本的な光学補償原理である。

この考え方をTNモードTFT-LCDに応用する。光学補償フィルムがない場合、TNモードTFT-LCDはオン状態で正面から見ると黒となるが、斜めから見ると光漏れが生じ、コントラスト低下の原因となっていた。黒表示での液晶を光学的に補償することができれば、斜めからの光漏れを抑えることができ、どの方向から見てもコントラスト比の高い表示が可能なものと期待される。オン状態のTN液晶はFig. 2に示すように、複雑な配向状態を取る。これを光学的に補償するためには、負の複屈折媒体が液晶の鏡映対象となるように配置する必要がある。

これを実現したものがWVフィルムである。オン状態のTN液晶の配向状態をよく見ると、ツイスト配向は液晶セルの中央部の液晶が垂直方向に配向している付近で起きており、基板近傍では液晶はチルト角が平面内で変化したハイブリッド配向として近似することができる。したがって、負の複屈折媒体もハイブリッド配向させ、液晶セルの両側に直交して配置することで、オン状態の液晶の配向成分を光学的に補償することが可能となる。

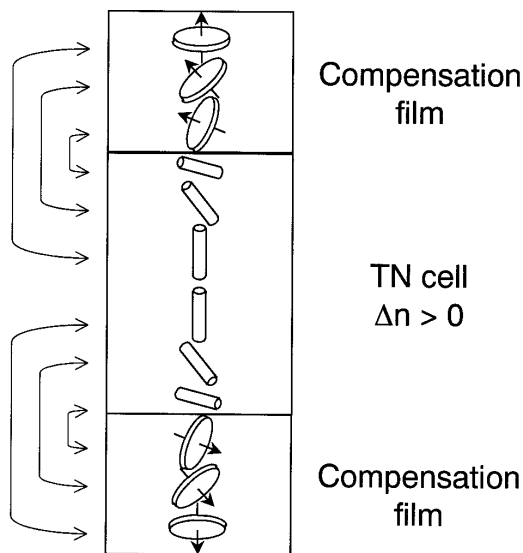


Fig. 2 Proposed optical compensation arrangement for TN cells based on negative birefringence.

## 3. WVフィルムの構造

WVフィルムの断面の構造をFig. 3に示す。タックフィルムを支持体とし、その上に配向膜を設け配向処理を施した後、Fig. 4に示した側鎖の末端に架橋基を有したトリフェニレン系のディスコティック化合物<sup>7), 8)</sup>を塗布によって設ける。ディスコティック化合物はディスコティックネマティック相(N<sub>D</sub>相)を取る温度まで熱せられ、UV光を照射することによって架橋し、配向が固定

された後に室温に戻される。こうすることによって、室温においても架橋したときの配向状態が保たれている。ディスコティック層は、配向膜側においては盤面をほぼフィルム面内と平行に向いて配向し、空気界面側においては盤面をほぼフィルム平面と垂直方向に向いて配向しているため、スプレイ=ベンド ハイブリッド配向を取る。タックフィルムも、液晶層中央部の垂直配向成分を光学補償するのに重要な役割を果たしている。WVフィルムは全体としてみると光軸が存在しない。このWVフィルムをFig. 2のようにTNセルの両面に設けることで、液晶の配向成分を光学補償する。

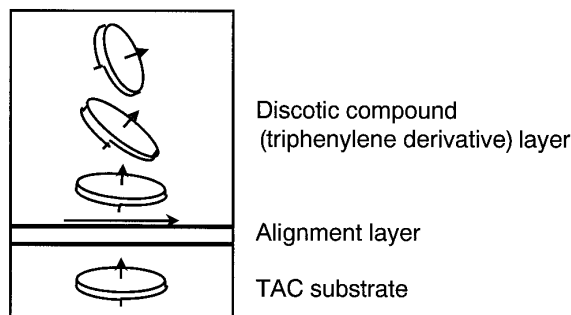


Fig. 3 Cross-sectional view of WV film.

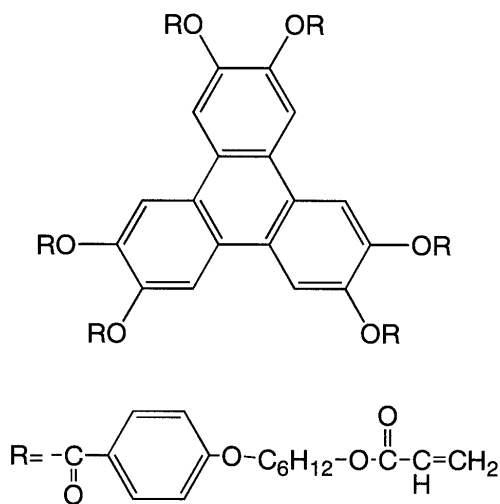


Fig. 4 Triphenylene derivative used for WV film.

## 4. WV-SA フィルム

### 4.1 特長

従来のWVフィルムよりも視野角拡大効果を大きくしたものがWV-SAフィルムである。従来のWVフィルムと比較したときのWV-SAフィルムの具体的な特長を以下に示す。

- (1) ディスコティック層の光学厚みが厚い。
- (2) ディスコティック液晶の配向状態が最適化されている。
- (3) 偏光板と一体化され、タックフィルムが一枚少ない。

従来のWVフィルムでも、TNモードTFT-LCDの広視野角は実現されたが、TN液晶の複屈折性を十分に光学補償できていない部分があった。TN液晶のすべての配向成分をより厳密に光学補償できるように検討を行った結果、従来よりもディスコティック層の光学厚みを厚くし、配向状態をオン状態のTN液晶の鏡映対称に近づけることが最適であることがわかった。このようにして、光学特性を最適化したものがWV-SAである。

また、WV-SAでは、Fig. 5に示したように、タックフィルムが1枚取り除かれ、偏光板と一体化された構成になっている。この一体化技術は、従来のWVフィルムにおいてもすでに取り入れられている<sup>9)</sup>。キーとなったのは、タック2枚分の厚み方向のレターデーションを1枚で実現する技術、偏光板作製時の工程適性を付与する技術の二つである。一般に、タックは固有複屈折が小さく、レターデーションを上げることは非常に困難であった。われわれは富士写真フィルムの技術を駆使することで、タックフィルムのレターデーションを上げることに成功した。

また、偏光板の作製工程では、ヨウ素を吸着させ配向させたポリビニルアルコール層を、タックフィルムを保護フィルムとして両面に貼り付ける工程がある。この時、ポリビニルアルコール層とタックフィルムとの密着性を向上させるために、あらかじめタックフィルムをアルカリ浴で鹸化させておく。WVフィルムを一体化させるときには、タック上にディスコティック層を設けてから鹸化工程を通すことになり、鹸化工程でディスコティック層が溶出するなどの問題がないことが要求される。われわれの開発したWV-SAは、この鹸化工程などの偏光板製造プロセスを通して影響を受けないように設計されている。

WV-SAフィルムの特長を以下に示す。

- (1) 視野角拡大効果が大きい。
- (2) パネルの厚みが従来より200 μm薄くなる。
- (3) 左右方向の色味変化が改善される。
- (4) 額縁現象が改善される。
- (5) 光透過率が高い。

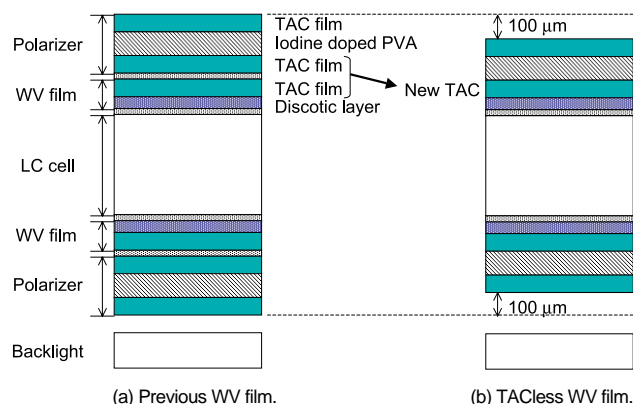


Fig. 5 Thinner TACless WV film compared with the previous one.



額縁現象とは、LCDパネルの耐久性試験を行った時に、パネルの周辺部から光が漏れる現象を指す。光漏れの形状が額縁状であることからこの名前が付けられている。WV-SAはこの額縁現象が大幅に改善されている。

## 4.2 光学性能

一体型のWV-SAの視野角拡大効果を見てみよう。視野角拡大効果は、コントラスト比、階調反転、色味変化の視野角特性を総合的に判断することが必要である。コントラスト比の視野角特性は、等コントラスト比曲線によって表される。白表示と黒表示の輝度比をコントラスト比として、コントラスト比が一定となる角度を線で結んだものが等コントラスト比曲線である。等コントラスト比曲線においては、中央が正面から見た場合、中央からはずれるほどその方向に傾けて見た場合を示す。WVフィルムを用いない場合、従来のWVフィルムを用いた場合、また、WV-SAフィルムを用いた場合のTNモードTFT-LCDの等コントラスト比曲線をそれぞれFig. 6, Fig. 7, Fig. 8に示す。

Figs. 6 ~ 8から明らかなように、WVフィルムを用いると、TNモードTFT-LCDの視野角は大幅に改善される。しかも、正面からの輝度低下はほとんどない。さらに、今回開発したWV-SAフィルムを用いた場合、従来のWVフィルムよりも視野角拡大効果が大きいことがわかる。特に、上方向、斜め下方向の視野角拡大効果が改善されている。階調反転の視野角特性については、下方向はやや改善効果が小さいものの、その他の方向で大幅な改善効果が見られることが確認されている。

また、色味変化の視野角特性は、WVフィルムを用いることによって上方向が改善されるが、左右方向からは黄色味を帯びるという問題点があった。黄色味の着色は、特に、白表示に近い中間調表示のときに問題となる。WVフィルムは黒表示で光学補償するように設計されている。しかし、白表示では光学補償されていないため、左右から見た場合に、液晶とWVフィルムの複屈折が足し合わされることが着色の原因となっていた。WV-SAフィルムにおいては、偏光板一体型としたことによって左右からの着色の問題は改善されている。さらに、 $nd$ 値（ $n$ は液晶の複屈折、 $d$ はTNセルのセルギャップ）の比較的小さいTNセルと組み合わせることによって大幅に着色が低減できることがわかっている。セルギャップを小さくするとTN-LCDの応答速度も高速化することが知られている。したがって、WV-SAフィルムはセルギャップの小さいTNモードTFT-LCDと特に相性がよい。この組み合わせは液晶TVに用いるのに適していると思われる。

## 5. まとめ

われわれは、TNモードTFT-LCD用の次世代の視野角拡大フィルム「WV-SAフィルム」を開発した。WV-SAフィルムでは、ディスコティック層の厚みと配向状態の最適化を進めることで、TNモードTFT-LCDの視野

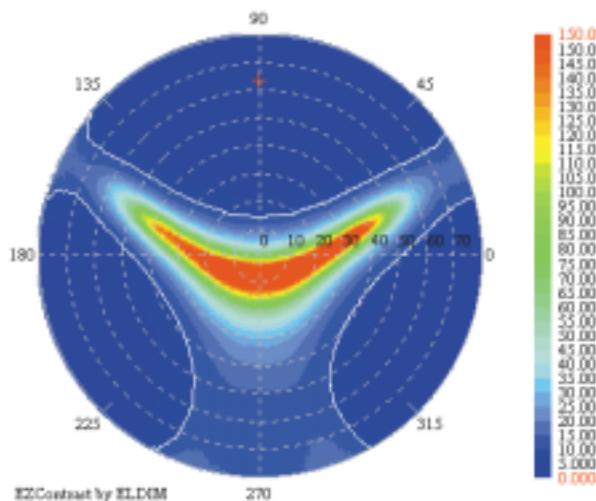


Fig. 6 Measured viewing angle characteristics for a TN mode TFT-LCD with no optical compensation film.

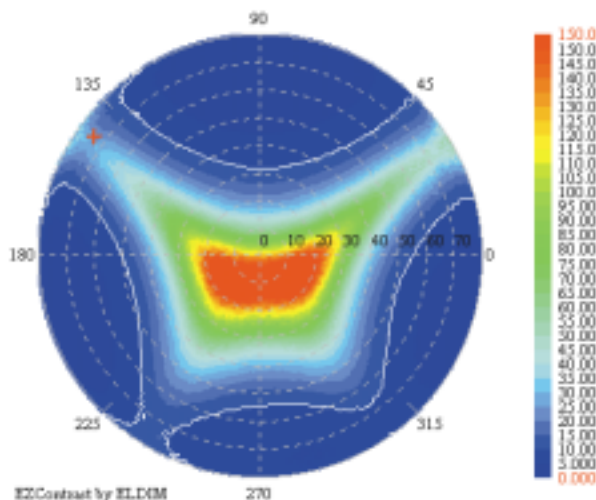


Fig. 7 Measured viewing angle characteristics for a TN mode TFT-LCD compensated with the previous WV film.

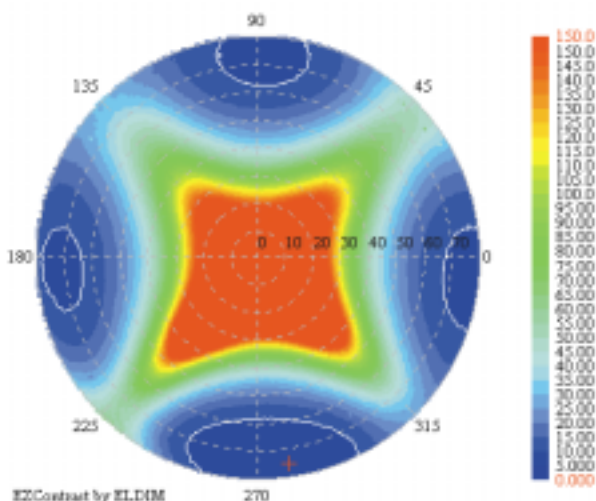


Fig. 8 Measured viewing angle characteristics for a TN mode TFT-LCD compensated with the WV-SA film.

---

角をさらに改善することに成功した。WV-SAフィルムは、偏光板と一体化されて供給される。WV-SAフィルムは、特に、セルギャップの小さいTNセルとの相性がよく、液晶TVへの応用が期待される。

### 参考文献

- 1) K. Takatori; K. Sumiyoshi; Y. Hirai; S. Kaneko. Japan Display '92, p.521 (1992) など
- 2) H. L. Ong. Japan Display '92, p.247 (1992)
- 3) H. Mori; Y. Itoh; Y. Nishiura; T. Nakamura; Y. Shinagawa. IDW/AMLCD '96, 1, p.189 (1996)
- 4) H. Mori; Y. Itoh; Y. Nishiura; T. Nakamura; Y. Shinagawa. Jpn. J. Appl. Phys. 36, p.143 (1997)
- 5) M. Oh-e; M. Ohta; S. Aratani; K. Kondo. Asia Display '95, p.577 (1995)
- 6) K. Ohmuro; S. Kataoka; T. Sasaki; Y. Koike. SID '97 Digest, p.845 (1997)
- 7) T. Yamada; M. Okazaki; Y. Shinagawa. IDW/AMLCD '96, 2, p.349 (1996)
- 8) M. Okazaki; K. Kawata; H. Nishikawa; M. Negoro. Polym. Adv. Technol. (in press)
- 9) H. Mori; Y. Itoh; M. Murayama; M. Ogawa; Y. Yabuki; Y. Shinagawa. SID '00 Digest, p.551 (2000)

(本報告中にある“富士フィルム”、“Fujifilm”は富士写真フィルム(株)の商標です。)