

VA型液晶TV用視野角拡大フィルムVA-TACの開発

Development of New Retardation Film for VA-mode LCD- TVs

葛原 憲 康* 梅 田 博 紀* 澁 江 俊 明*
Kuzuhara, Noriyasu Umeda, Hiroki Shibue, Toshiaki

要旨

液晶TVにおいては、視野角特性に優れるVA型（垂直配向型）の表示モードが主流となっている。そのVA型の液晶ディスプレイ（VA型LCD）は、従来、高価な複数枚の視野角拡大フィルムを偏光板上に粘着剤により一枚ずつ積層して貼り合わせたものが使用されていた。

今回開発したVA-TACは、VA型LCDに用いられる視野角拡大フィルムであり、偏光板保護フィルムとしての役割を担うTACフィルムに視野角拡大機能を複合化した高機能フィルムである。

本稿では、VA-TACの開発コンセプトと設計思想、およびこれらを実現するための主要技術として、素材技術、光学設計、生産技術について報告する。

Abstract

VA-mode LCDs (vertical alignment mode liquid crystal displays) are popularly used in LCD- TVs because of their wide viewing angle. In general, it was necessary to laminate retardation films on VA-LCD with adhesive layers until we developed the new concept VA-TAC film.

VA-TAC is not only a protective film of the polarizer but also a highly functional film which significantly improves viewing angle of bare VA-LC cell. In this paper, we describe the development concept, optical design concept of VA-TAC, and some of key technologies to realize it in materials, optical design, and production engineering.

1 はじめに

現在、液晶ディスプレイ（LCD）は、携帯電話などの中小型からノートブックPC、デスクトップPCのモニターはもとより、従来プラズマディスプレイ（PDP）が担うと予想されていた40インチを超える大型のTVにまで採用が進み、本格的な普及が始まっている。

ノートブックPCや、モニター用のLCDは、TN（ツイストネマチック）型と呼ばれる表示モードが主流である。しかし、このTN型LCDは、上下左右方向の視野角特性に課題があり、様々な改善がなされてもなお下方向の階調反転などの問題は克服できていない。現在、比較的大型のモニターや液晶TVは、これらの欠点を持たないVA型（垂直配向型）が主流となっている。

このVA型LCDは、視野角拡大フィルムを貼り合わせることで著しく視野角特性が改善し（Fig. 1）、上下左右斜め方向で160度を超える視野角が確保されている。

今回、LCD用偏光板保護フィルムであるTAC（Cellulose triacetate）フィルムに視野角拡大機能を付与することにより極めて単純な構成で、低コストで高性能な視野角拡大フィルムVA-TACを開発した。以下、その開発コンセプトと特徴、そしてそれらを構成する技術概要について報告する。

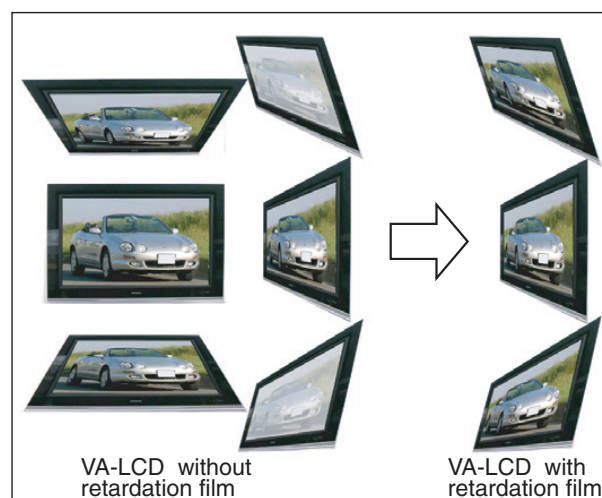


Fig.1 Improvement of viewing angle with retardation film

* コニカミノルタオプト(株) OE材料事業本部 DM事業部 DM開発部

2 開発コンセプト

従来のVA型LCDに用いられる視野角拡大フィルム（位相差フィルム；Retardation film）は、偏光板に貼り合わせて使用されるのが前提であり、比較的低コストながら視野角拡大効果が不十分なものが、視野角特性を得るために複数枚を一枚ずつ貼り合わせて作製される極めて高価なものしか存在しなかった。われわれは、偏光板を構成する保護フィルムであるTACフィルム自体に優れた視野角拡大機能を付与することにより、逐次貼り合わせを必要としない単純な構成とし（Fig. 2）、VA型液晶TVのコストダウンに貢献することを目標とした。

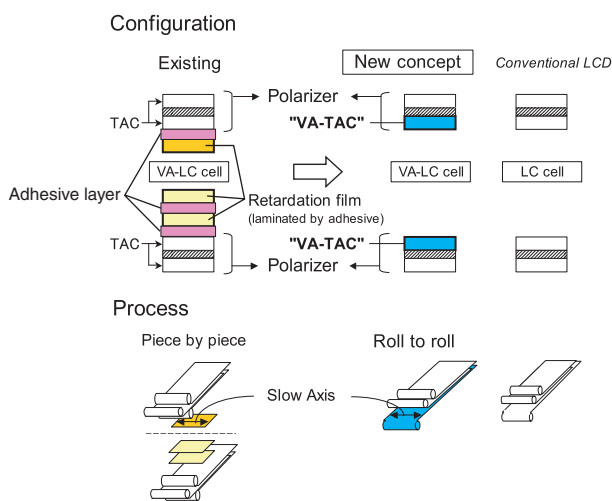


Fig.2 Concept of VA-TAC: functional combination of protective and retardation film

3 光学設計思想

視野角とは、ディスプレイ面の法線方向から観察位置を傾斜させた場合に視認性が確保される角度のことを表し、便宜上コントラスト値（CR；白表示輝度／黒表示輝度）が10以上を確保できるディスプレイ面法線方向からの傾斜角度で定義される。Fig. 3は、VA型LCDの方位角45°（右斜め上）から225°（左斜め下）方向に観察角度を変化させたときのコントラスト比の値を示したものであり、80°（-80°）のCRは>25であり10を超えていることから、視野角は45°方位角方向に80°以上（または160°以上）と表示される。

VA型LCDは、(1)VA型液晶セル自身が複屈折性を有していること、(2)クロスニコル下の偏光板の偏光軸直交性に視角依存性があることにより、斜め方向から観察した場合に黒表示時の光漏れが発生し、視野角を低下させていた（Fig. 4）。

視野角拡大フィルムはこの2つの要素を光学的に補償

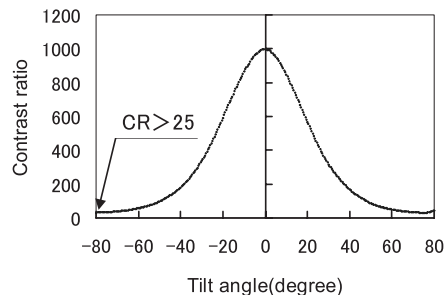


Fig.3 Definition of viewing angle

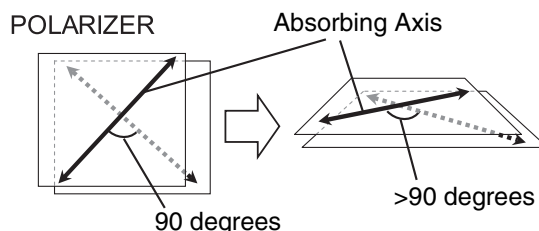


Fig.4 Light leakage of polarizer

するものであり、(1)のVA型液晶セル自身が有する複屈折に対してはネガティブCプレート（ $n_x = n_y > n_z$ ； n_x 、 n_y はフィルム面内x、y方向、 n_z は厚み方向の屈折率）により効果的に補償できることが知られている¹⁾。Fig. 5に屈折率楕円体により模式的に示した。また、(2)のクロスニコル下の偏光軸直交性の視角依存性を抑制するためにはAプレート（ $n_x > n_y = n_z$ ）が有効であることが知られている²⁾。

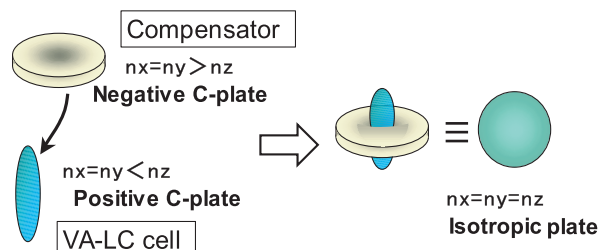


Fig.5 Optical compensation of VA cell

VA-TACの光学設計の考え方をFig. 2により詳述する。Fig. 2の左に示した層構成は従来の視野角拡大のための位相差フィルムの複数枚積層構造を示している。それぞれの位相差フィルムは偏光板と液晶セルとの間に粘着剤により貼合される。特に長手方向の延伸により作製されるAプレートは、視野角拡大効果を得るためには偏光板に貼合する場合に遅相軸の向き（延伸方向）と偏光板の長手搬送方向が直交している必要があるため、ピースにカットされ枚葉で貼合される。そのため、生産性は低く高価であると同時に、性能面においても透過率の低下、かつ粘着層を介して異なる特性のフィルムが積層されることから熱ムラの発生などの問題があった。

偏光板保護フィルムのTACは弱いネガティブCプレートであるため、この液晶セルを補償する位相差層はネガティブCプレート ($n_x = n_y > n_z$) とAプレートの積層体となり、これは光学的には二軸性 ($n_x > n_y > n_z$) プレートで近似される (Fig. 6)。

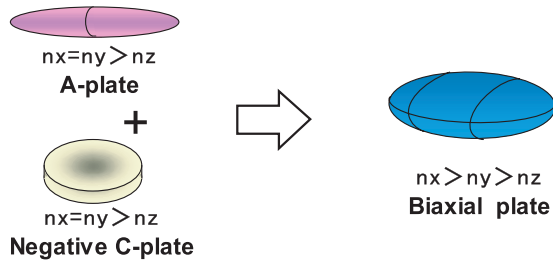


Fig.6 Index ellipsoid of VA-TAC

すなわち、VA-TACに求められる光学的な条件は、

- (1)TACと他の位相差フィルムのCプレート特性とAプレート特性を一体化した二軸性を有し、
- (2)遅相軸方向はRoll to roll実現のため幅手方向を示し、
- (3)その素材がTACフィルムの有する偏光板保護フィルムとしての特性を維持していること、である。

この点に着目して、液晶セル側の上下2枚のTACフィルムにそれぞれ、遅相軸を幅手方向に有する二軸性の位相差機能(視野角拡大機能)を付与することにより、貼合する位相差フィルムを必要とせず通常の偏光板を作製する工程を経て視野角拡大機能を得られる設計とした。

Fig. 7に、視野角拡大フィルムを用いないものとVA-TACを用いたVA型LCDの視野角特性図を示した。

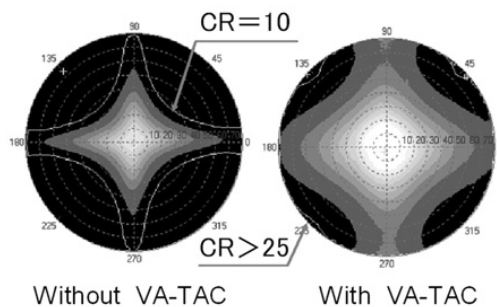


Fig.7 Definition of viewing angle

また、上下2枚のTACフィルムに均等に位相差付与することにより以下の点で優れた視野角特性を得られる。

- (1)カラーシフトが抑制される。
- (2)視野角特性の左右対称性が得やすい。
- (3)液晶セルやフィルムの温度変化等による位相差値の変動に対して、視野角特性が影響を受けにくい。

これらの結果から、VA-TACを用いたVA型LCDは、最もシンプルな層構成で最大の視野角拡大効果を有していることが分かる。

4 構成技術

前述の機能複合化を具体化するために、VA-TACの開発に投入した主要技術について、素材、設計、生産技術の3項目を説明する。

4.1 材料技術

VA-TACは、TACの機能を維持しつつ視野角拡大機能を持たせるために、光学二軸性の位相差を付与した。

偏光板の保護フィルムとしてのTACフィルムは、①面内複屈折がないこと、②高透過率、③偏光子を構成するポリビニルアルコール(PVA)との接着性(けん化処理による)、④偏光子との水系接着後の脱水のための透湿性、⑤PVAの収縮を抑える保護フィルムとしての十分な弾性率、⑥高温、高温高湿寸法安定性、などの特性が求められ、高次元でこれらすべての要求を満たしている。

しかし、TACは弱いネガティブCプレートであり、延伸を行っても面内位相差 ($R_o = (n_x - n_y)d$; d : 膜厚) や、大きな厚み方向位相差 ($R_{th} = \{(n_x + n_y)/2 - n_z\}d$) を得ることはできない。そこで、TAC分子の構造の一部を修飾し、適切な添加剤を用いて耐湿熱特性を確保することにより、前述のTACフィルムの有する特性を維持した上で、VA型LCDに必要な位相差 (R_o , R_{th}) を得ることを可能にした (Fig. 8)。

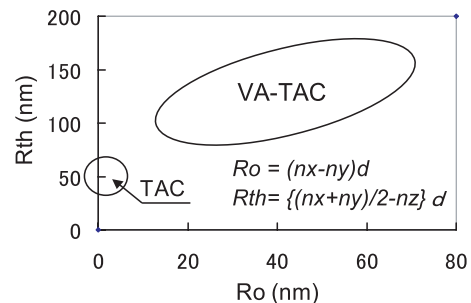


Fig.8 Potential retardation map of VA-TAC

また、視角変化に伴うカラーシフトの低減には位相差フィルムの位相差が正の波長分散を示すことが有効である。VA-TACは正の波長分散性を示し、負であるポリカーボネートやフラットなシクロオレフィン系ポリマーと比較してカラーシフト抑制効果の点でも有利である。

4.2 光学設計

液晶TV、モニターに求められる特性として、高コントラスト、高速応答性、広視野角、低カラーシフトなどが重要である。VA型液晶セルの複屈折を補償する位相差値は2枚で80nm~400nmの範囲が好ましいとされるが、高コントラスト、高速応答性を考慮したVA型液晶セルの設計値に合わせると、その位相差値の適性領域はさらに狭くなり2枚で約240nm~280nmが目標値となることがわかった。さらに、視野角特性およびカラーシフト特性は位相差フィルムの波長分散特性の違いなどから最適化さ

れた位相差値（589nmにおけるRo, Rth値）はフィルム材質によっても異なる。したがって、適正な位相差値は、VA型セルに実装して視野角特性とカラーシフト（色再現性の視角依存特性）を最適化することにより決定した。

様々な位相差値を持つVA-TACを作製し、VA型セルに実装して視野角特性およびカラーシフトを最適化した。視野角は傾斜角60°におけるコントラスト比で表し、カラーシフトは視角による色ずれ量を規格化した数値で示した。その結果、視野角特性はRo, Rtが大きいほど優れ、カラーシフトはRt/Roが小さいほど優れることがわかった（Fig. 9, 10, 11）。具体的には、パネル特性に応じて一枚あたりの位相差でRo=43~50nm, Rth=125~135nmと設定することにより広視野角、低カラーシフトを両立した。

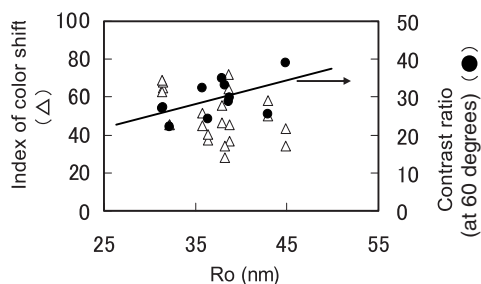


Fig.9 Relationship between Ro and viewing angle

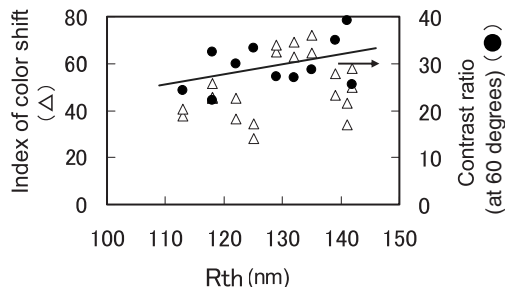


Fig.10 Relationship between Rth and viewing angle

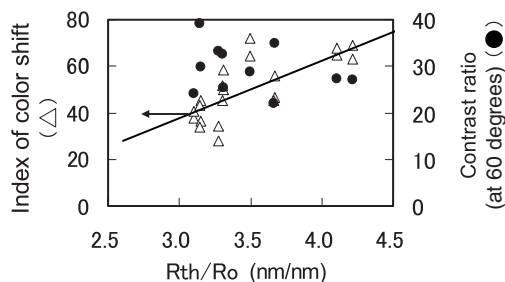


Fig.11 Relationship between Rt/Ro and color shift

4. 3 光学制御生産技術

VA-TACは偏光板の吸収軸となるPVA偏光子の延伸方向と直交方向に遅相軸を有するよう設計することによりPVA偏光子とRoll to rollで貼合して偏光板化が可能になり、優れた生産性を実現した。しかし、近年の高輝度大画面のLCD-TVに用いる位相差フィルムに求められる光学精度は極めて高く、膜厚精度、フィルム面内のRo値、

Rth値の均一性、とりわけ遅相軸角度の精度が求められる。Fig.12には遅相軸角度と正面コントラスト比（正面CR）の関係（シミュレーション）を示した。

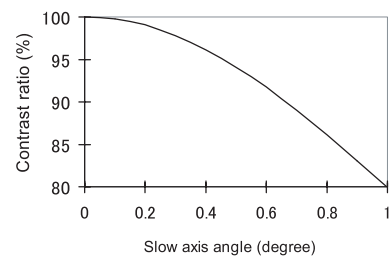


Fig.12 Contrast of normal direction and slow axis

フィルム搬送方向と直交方向に遅相軸を有するVA-TACは、搬送方向のみに延伸して作られる一軸延伸フィルムと異なり光軸の精度確保は容易ではなかった。しかし、製膜から延伸、乾燥を含むすべての工程を見直し、(1)ボウイングと呼ばれる延伸軸の湾曲や、(2)左右のアンバランスから生じる軸傾斜、(3)その他ムラから生じる軸の乱れなどを効果的に制御することにより、従来の縦一軸延伸品をピース貼合する精度を超える軸精度を実現した。Fig.13に生産品の遅相軸角度を幅手方向に複数測定した値を示した。この結果から、Fig.12に示される通り、実質的に正面CR劣化を生じない(>95%)軸精度が得られていることがわかる。

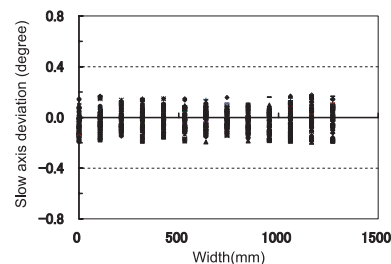


Fig.13 Slow axis deviation of VA-TAC

5 まとめ

今回開発したフィルムは、TACフィルムの有する優れた偏光板保護フィルムとしての特性を有し、かつVA型LCDに最も適した複屈折性が付与された視野角拡大機能複合偏光板保護フィルムである。現在、液晶TVの主流であるVA型LCDにおいて、高画質かつ低コストを実現する高機能フィルムとして広く採用が進んでいる。今後とも、さらなる高画質、低コストの要求に応えるべく開発を進めている。

●参考文献

- 1) K.Ohmuro, S.Kataoka, T.Sasaki, Y.Koike, SID'97 Digest, 845-848(1997)
- 2) Shuuji Yano, T.Ishinabe, T.Miyashita, T.Uchida, Y.Fujimura, IDW'00 Digest, 419-422(2000)