液晶TV用視野角拡大フィルムVA-TACの開発

Development of Retardation Film for VA-LCD TVs

梅　田　博　紀＊　　高　木　隆　裕＊　　葛　原　憲　康＊
Umeda, Hiroki　　Takagi, Takahiro　　Kuzuhara, Noriyasu

要旨

液晶テレビは，市場の拡大と同時にサイズの大型化が進み，視野角・色味変化・コントラスト・ムラなど品質に対する要求はますます高くなってきている。液晶テレビ市場は垂直配向（VA：vertical alignment）方式の液晶表示装置（LCD：Liquid crystal display）が主流を占めている。

VA-TACは，偏光板の保護フィルムとVA-LCD用の視野角拡大フィルムの役割を果たすフィルムである。

本稿では液晶テレビ用途のVA-LCDをターゲットとしたVA-TACの開発について，高品位な液晶テレビの要求を満たす商品のコンセプト，光学シミュレーションに基づいた設計思想と，素材および生産技術について報告を行う。

Abstract

As the LCD TV market continues its remarkable growth, the demand for better performance grows as well. LCD TVs generally use VA-LCDs (vertically aligned liquid crystal displays), so we developed VA-TAC. VA-TAC is not simply a protective film guarding against damage to the polarizer, it is a retardation film significantly improving the viewing angle of a VA-LCD screen. In this paper, we describe the development concept of VA-TAC for use with LCD TVs, an optical design concept based on optical simulation of a VA-LCD, and the key technologies that brought theses concepts to realization.

＊コニカミノルタオプト㈱　OE材料事業本部　DM事業部　DM開発部

1　はじめに

近年，液晶表示装置（LCD）は携帯電話用途から50インチ超のサイズのTVまで幅広く採用が進み，フラットパネルディスプレイ市場の中心となり，その市場は現在も拡大を続けている。大型LCD，特に液晶テレビは，垂直配向方式（VA-LCD）と面内駆動方式（IPS-LCD）の二方式が代表的あり，現在はVA-LCDが主流となっている。VA-LCDはもともと正面コントラストが高く，上下左右の視野角が非常に広く中間調における階調反転も少ないという特徴を持っているが，この方式に，さらに視野角拡大フィルムを用いることで，VA方式の弱点であった斜め方向においても視野角拡大効果に加えて中間調の階調反転を抑制し，（**Fig. 1**）全方向において178°を超える視野角（コントラスト比10：1の領域）を確保することが出来る。

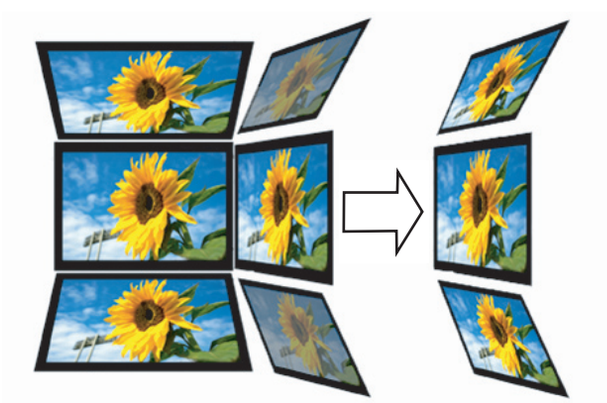

Fig.1　Improvement of viewing angle with retardation film

VA-LCDに用いられる視野角拡大フィルムは，当初，光学的に負の一軸（negative-C）フィルムが用いられていたが，その後，光学的に正の一軸（positive-A）フィルムと負の一軸フィルムの組み合わせが用いられるようになった。しかし偏光板に粘着層や接着層を用いて枚葉による貼合が必要であり生産性，コスト，ムラの観点など，いずれも液晶テレビの市場成長やサイズの大型化に対する課題を解決するには非常に困難な構造であった。本稿で紹介するVA-TACはこれらの点に対するブレイクスルーをもたらすべく開発を進めた製品である[1)]。

VA-TACは，偏光板の部材であるTAC（トリアセチルセルロース，セルローストリアテート）フィルムと同じようにセルロースエステルフィルムであり，従来のTACフィルムには無かった位相差フィルムとしての特性も有していることが大きな特徴となっている。

本稿では高品位な液晶テレビとして用いることが出来るVA-LCDをターゲットとした位相差フィルムの開発について報告する。

2　製品構想

液晶TVに視野角拡大フィルムを用いる際に求められる性能は

(1)　視野角拡大効果
(2)　中間調の階調反転抑制
(3)　色味の角度変化抑制
(4)　ムラの低減
(5)　コントラスト低下の抑制

の五点である。VA-TACはこの五点を満たした上で，さらに従来の視野角拡大フィルム（位相差フィルム）付き偏光板の構成を単純にすることを目的とした。

また，視野角，色味変化，正面コントラストの観点より，液晶テレビに要求される性能を同時に満足することも目的とした。そのために二軸二枚方式という，光学的に二軸(biaxial)のフィルムを，液晶セルの両側に対称的に配置する構成として材料・光学設計の両面からの探索を行い，開発を進めた。

3　セルロースエステルを用いたVA用視野角拡大フィルムの設計思想

3．1　VA-LCD用視野角拡大フィルム

VA-LCDには様々な方式の視野角拡大フィルムが提案されており，大別すると以下の４通りほどに分類できる。

(1)　負の一軸(negative-C)プレート
(2)　正の一軸(positive-A)プレートと負の一軸プレートの組み合わせ
(3)　二軸(biaxial)プレート二枚の組み合わせ
(4)　二軸プレート一枚

これらを屈折率の関係で表示する（**Fig. 2**）。

視野角拡大は光学補償を行うことで得られるが，これらの光学補償効果をポアンカレ球にて表示した結果を示す（**Fig. 3**）。

Fig. 3は，黒表示状態での方位角が斜め（45°）方向で観察角度を傾斜させた時の，VA-LCDの液晶セルと補償フィルムとを通過した光の偏光状態を表した。この場合，正面はS1軸と一致し，また検光子の吸収軸とも一致する。倒れ角が大きくなれば検光子の角度は見かけ上S1方向と一致しなくなり，図の赤道上で左方向に移動

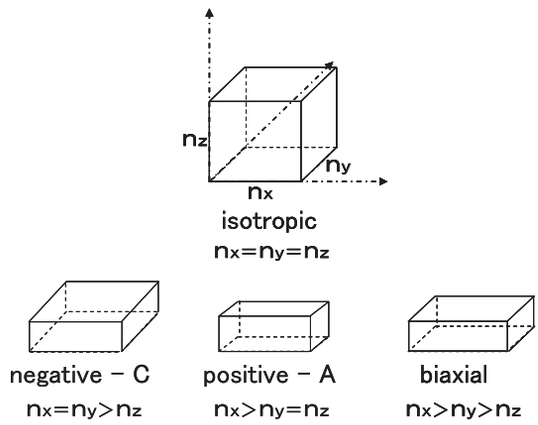

Fig.2　Refractive index of retardation film

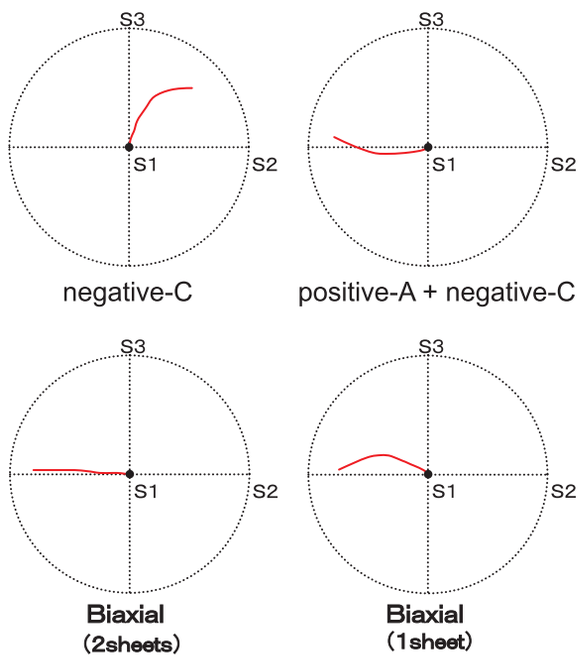

Fig.3　Poincare sphere of VA-cell + retardation film

するように設定した。

Fig. 3に示すとおり，負の一軸プレートおよび二軸プレート一枚による補償と比較して，二軸プレート二枚の組み合わせ，次いで正の一軸プレートと負の一軸プレート組み合わせの補償効果が高い。

また，正の一軸プレートと負の一軸プレートの組み合わせは複数のフィルムを偏光板に後貼合するなどの方法が必要であり，生産性に大きな課題が残る方法である。

これらの結果より，二軸プレート二枚の光学補償効果のポテンシャルが非常に高いことが明らかである。また，二軸プレート二枚方式は，偏光板の生産性の観点でも非常に優れた方式であると考えられることから，この方式をさらに検討した。

続いて二軸プレート二枚の組み合わせで，色味の検討

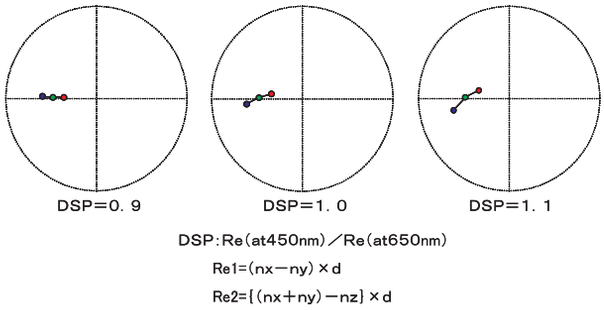

Fig.4　Difference of wavelength dispersion of retardation

を行った結果を示す（**Fig. 4**）。

Fig. 4は同じく黒表示状態で方位角45°方向での傾斜方向より，直線偏光が液晶セルと各プレートとを通過した450nm，550nm，650nmの各波長での偏光状態を確認したものである。

補償フィルムの位相差波長分散を0.9（正），1.0（フラット），1.1（負）の３通りに変化させた場合，各波長での偏光状態が変化することが確認される。

この計算結果からは位相差波長分散が1.0よりも小さい，いわゆる正の波長分散特性が好ましいことがわかる。

これらの結果を基にVA-TAC開発にあたり二軸プレート二枚の組み合わせの方式を採用することとした。以下，これらの要素を含めて液晶テレビをターゲットとしたVA-TACの光学設計を中心に技術概要を説明する。

３．２　光学設計

液晶表示装置を観察する方向を，パネル正面より傾斜させていくことで，コントラストが低下する，あるいは色味が変化する現象がある。コントラスト比とは白表示の輝度と黒表示の輝度の比である。本稿では以降の視野角をコントラスト比50の角度で示す。

また，色味の変化とは，CIE1976UCS表色系でu' v' 座標を用いて，正面の色度座標を基準とし，傾斜した方向から観察した時の色度座標で表すことができる。

VA方式をはじめ，LCDに用いられる液晶は位相差波長分散が負の値を示すことから，可視光の全領域で位相差の補償をするためには正の位相差波長分散を示すものが有効であると考えられる。

VA-TACは前述の通り，二軸プレート二枚方式を採用している。さらに，VA-TACはセルロースエステルの位相差発現性を活用しているため，位相差波長分散が正の値（勾配が正の値）を示している（**Fig. 5**）。

この特性は，VA-LCDの光学補償に適した特性であり，例えば一般的に位相差板に用いられるシクロオレフィン（COP）やポリカーボネート（PC）と比較しても際立った特徴を有している。

VA-TACはこのセルロースエステルの持つ正の位相差波長分散を活用し，さらにコントラストと色味変化の

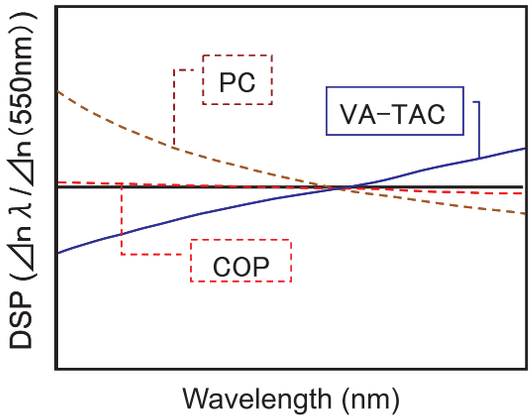

Fig.5　DSP of material for optical film

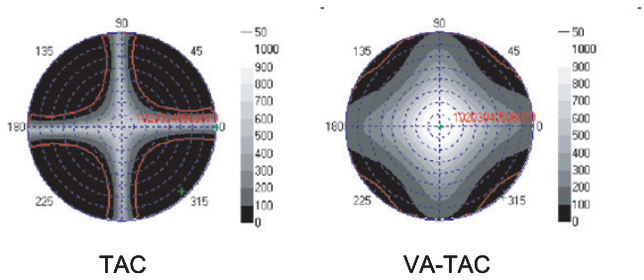

Fig.6　Expanded viewing angles

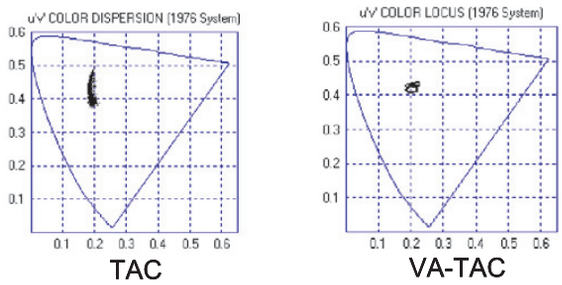

Fig.7　Curtailed color shift

観点で視野角特性が最適化できるように位相差の最適化を行っている。VA-TACを使用した場合の視野角（**Fig. 6**）と色味変化の結果（**Fig. 7**）を示す。

VA-LCDにTACのみを使用した場合の視野角（コントラスト比50）が60°程度に対し，VA-TACを使用することで，視野角は150°超まで広がることが確認され，また，色味変化も非常に少いことがわかる。

４　液晶テレビ用位相差フィルムの性能

液晶テレビに求められる位相差フィルムの特性には，視角変化に伴うコントラスト低下抑制（視野拡大）や色味変化抑制以外に，

(1) 正面コントラストを低下させないこと
(2) 偏光板起因のムラを発生させないこと
等が求められている。

4．1 正面コントラスト

位相差フィルムにおける正面コントラスト低下因子として，配向角のズレと光の散乱が挙げられる。VA-TACは延伸条件の制御により配向角の変動を抑える（**Fig. 8**）ことで，配向角ズレ起因の正面コントラスト低下を大幅に抑制している。

VA-TACが市場参入を果たす以前は前述の通り，偏光板に正の一軸プレートと負の一軸プレートを貼合する方式が採用されており，液晶セルと偏光膜との間に偏光板保護フィルムを含めて計４～５枚のフィルムとフィルム間の粘着層とが使用されていた。フィルムの層構成が複雑になることで光を散乱する因子が増加し，正面コントラスト低下を引き起こすが，VA-TACはこれらのフィルムを２枚に集約し，液晶テレビの正面コントラスト向上に貢献した。

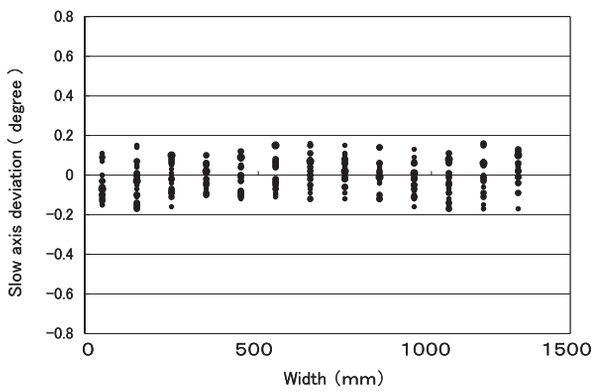

Fig.8 Slow axis deviation of VA-TAC

液晶テレビの正面コントラストを向上させるには，フィルム中の散乱因子にも着目する必要がある。VA-TACを開発するにあたり，この散乱因子を抑制できる材料としてセルロースエステル樹脂の非晶性にも着目した。VA-TACの位相差は延伸処理を行うことで発現させるが，非晶性の材料であっても延伸条件により微細な結晶化が進む場合がある。VA-TACはセルロースエステルの非晶性を利用することでこの問題を回避している。結晶化以外の正面コントラスト低下の原因となる散乱因子についても更なる解析と改善を進め，正面コントラスト向上を可能にする設計に取り組んでいる。

4．2 ムラの抑制

偏光板を構成している偏光膜は加熱収縮の性質を有している。液晶表示装置のバックライトから出る光はほとんどが熱に変わるため，偏光膜は収縮作用を示し，偏光板保護フィルムと粘着層とでこの収縮を抑制する必要がある。その際に偏光膜と各層との間には収縮応力が発生し，歪が生じる。これにより位相差が発生し，黒表示の際に光が漏れることが熱ムラの主な原因であると考えられる。偏光板に位相差フィルムを積層する場合，ガラスと偏光膜との間に複数枚のフィルムを介しているため，バックライトから発生する熱による偏光膜の収縮応力が抑えられず，歪が生じやすくなる。さらに積層している各層の熱膨張･収縮率が異なるためにムラを強調しやすい構造となっている。

VA-TACはケン化処理によりTACと同等な偏光膜との接着性を確保できるため，従来，位相差板を用いる際にも必要であった偏光板保護フィルムとしての役割を果たす。そのためムラが発生しにくい構造を取ることができる。近年液晶テレビの大型化やバックライトの高輝度化に伴い今まで以上にムラが発生しやすい状況になっているが，偏光膜収縮起因の位相差発現を抑制する技術開発を進めており，今後の製品にも展開していく予定である。

5 まとめ

VA-TACは，液晶テレビに用いるVA-LCD用の視野角拡大フィルムとして層構成の単純化とともに，VA-LCDテレビとしての品位を向上させることを目的として開発に取り組んできた。

材料としてセルロースエステルを選択することで，偏光板構成を単純化することが可能となり，偏光板の生産性の向上に貢献することが出来た。さらに層構成の単純化はムラ因子の抑制と散乱因子の削減にもつながり，液晶テレビの正面コントラストの向上など，表示品位の向上にも貢献することが出来た。

また，原材料であるセルロースエステルの位相差発現性を利用して位相差波長分散を正の値とすることにより，VA-LCDの光学補償に適した特性を持たせることが出来た。この特性を最大限に活かすためにVA-TACは二軸二枚方式という，液晶セルの両側に対称に配置する構造を採用した。

今後もVA-LCDテレビの品位を向上させるため，更なる散乱因子の抑制，ムラ発生因子の制御，位相差の最適化とともに更なるコストダウンに向けたアプローチを続け，液晶テレビの表示品位の向上とコストダウンに貢献するべく，開発を進めていきたい。

●参考文献

1）葛原憲康，梅田博紀，渋江俊明，KONICA MINOLTA Tech. Rep., **3**, 133（2006）