

液晶TV用ゼロ位相差フィルムゼロタック®の開発

The Development of ZeroTAC for LCD-TVs

岡 繁 樹*
Shigeki OKA

建 部 隆*
Takashi TAKEBE

池 田 剛*
Tsuyoshi IKEDA

清 水 邦 夫*
Kunio SHIMIZU

要旨

ゼロタック®は位相差をゼロにしたTACフィルムである。VA型液晶テレビは、通常のTAC（トリアセチルセルロース）フィルムの位相差を増加させたフィルムVA-TACを用いることによって視野角を拡大させている。一方IPS型液晶テレビは、位相差の無いゼロタック®を用いることにより、視認性を上げることが出来る。このゼロタック®は大画面テレビに対応したフィルムとして優れた品質性能を有している上、偏光板保護フィルムとしての基本性能をも有している。本稿では、このゼロタック®の技術開発について述べる。

Abstract

ZeroTAC is a zero retardation TAC (triacetyl cellulose) film. The viewing angle of a VA type LCD TV is extended by VA-TAC, which has greater retardation than that of conventional TAC film. On the other hand, the visibility of an IPS type LCD TV can be increased by ZeroTAC, which has zero retardation. ZeroTAC exhibits basic properties as a polarizer protection film as well as high quality performances as a film for a large-screen TV. The technological developments that led to ZeroTAC are discussed in this paper.

1 はじめに

液晶ディスプレイは、パッシブ駆動からTFTを用いたツイステッドネマチック方式（TN方式）液晶へと進化を遂げ、パソコンモニターの薄型化やノートパソコンのカラー化に大きく寄与した。しかしTN方式液晶は、さらに大型となるテレビ用に用いるには、視野角性能の不足や色ムラなどの表示品質の問題を抱えており、様々な解決方法が試みられたものの、現在でも大型テレビへの採用には至っていない。

現在大型テレビ用の液晶パネルは、TN方式に比べて広視野角である垂直配向方式（Vertical Alignment；VA方式）液晶と横電界駆動方式（In-Plane Switching；IPS方式）液晶の2種が主流となっている。このうちVA方式は、偏光板保護フィルム自体に視野角拡大機能を持たせたVA-TACに代表される位相差フィルムを用いて必要な視野角を確保する手法が一般的である¹⁾。

一方IPS方式はその方式上、TN方式やVA方式に比べ視野角性能に優れており、当初パソコンモニターや小型テレビでは、位相差フィルムは用いずに、通常のセルローストリアセテート（TAC）フィルムを用いた構成の偏光板をそのまま流用していた。TACフィルムはその特長である光学的等方性から偏光板保護フィルムに用いられてきたが、実際にはフィルム面内方向の屈折率は等方的であつても厚み方向の屈折率が異なっており、厚み方向に位相差が生じている。

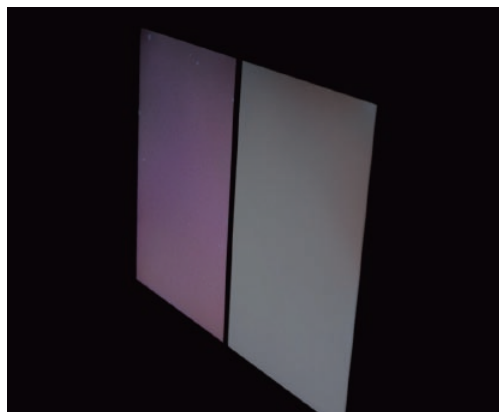


Fig.1 Effect of ZeroTAC on IPS LCD black state using conventional TAC (left, purple) and ZeroTAC (right, neutral gray)

* コニカミノルタオプト(株) DM開発部

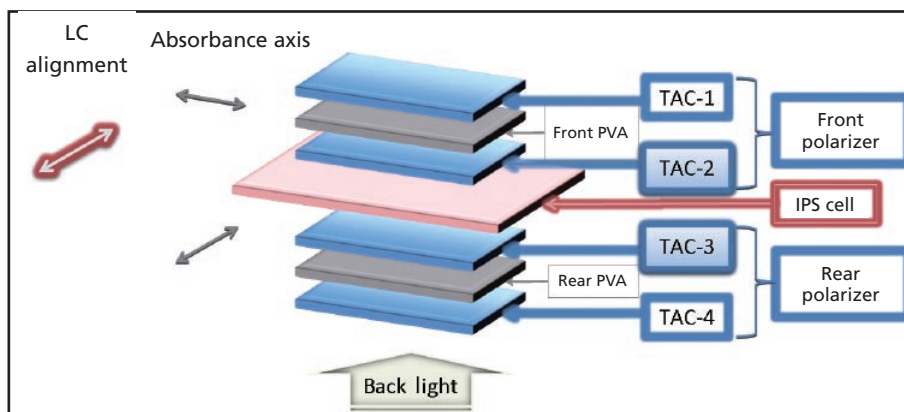


Fig.2 Configuration of a typical IPS panel

IPS方式液晶ディスプレイにこのような通常のTACフィルムを適用した場合、Fig.1に示すように厚み方向の位相差により、黒表示時における斜めからの漏れ光の着色現象、所謂カラーシフトが生じていた。我々はさらに大型化する液晶テレビへの適用と高性能化の要求に答えるため、厚み方向の位相差もゼロとしてより完全な等方性を達成し、なおかつ偏光板保護フィルムとしての基本機能も高度に両立させたTACフィルムゼロタック®を開発した。

2 製品コンセプト

ゼロタック®は以下3点を製品コンセプトとして開発した。

- ・厚み方向を含めた完全ゼロ位相差
- ・偏光板保護フィルムとしての基本特性向上
- ・大画面テレビの表示均一性確保（ムラの減少）

一般的なIPS型液晶パネルの構成をFig.2に示す。2枚の偏光板を両側から保護する計4枚のTACフィルムは、その位置により必要特性が異なるものの、偏光板保護フィルムとしての基本特性が必要となることにおいては、いずれのTACフィルムも同様である。また、ターゲットとする大型テレビでは、表示均一性についても要求特性は一段と厳しくなる。以下上記各項目に対するゼロタック®の特性について述べる。

3 ゼロ位相差TACフィルムとIPSパネルへの適用

3.1 ゼロ位相差技術

位相差はフィルム材料の有する固有複屈折と分子配向度に比例して発現する。我々は、固有複屈折の小さな材料設計と、配向を抑える製造プロセスの両立によってゼロ位相差を達成した。

従来のTACフィルムは光学等方性を特徴としていたが、実際にはフィルム面内方向の屈折率が高く、厚み方向の屈折率の低い、所謂ネガティブCプレートの位相差

フィルムとなっている。

TACフィルムはトリアセチルセルロースと添加剤で構成される混合物であるが、このTAC混合物は、配向方向に屈折率が高くなる正の固有複屈折をわずかに有しているため、配向による位相差が生じてしまう。

TACフィルムは溶液流延法とよばれる製法によって製造される。Fig.3に示すように、溶液流延法は、原材料と溶媒を含んだ溶液状態であるドープを平面基材上に広げ、溶媒乾燥によってフィルムへと移行する。この時、乾燥によって厚み方向に体積収縮を起し、ランダム配向していたポリマーが面内配向する。その結果、TACはネガティブCプレートになる。

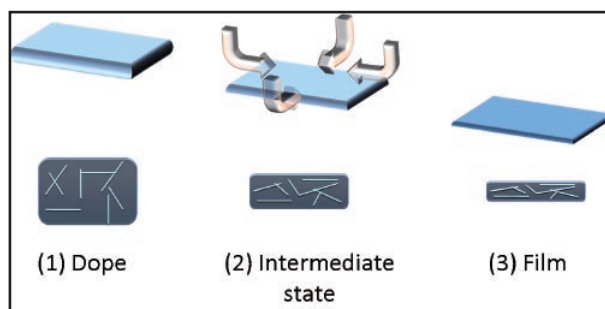


Fig.3 Drying process on a flat substrate

ゼロタック®では、低固有複屈折材料技術と、面内配向を抑制してランダム配向化するプロセス技術を組み合わせ、厚み方向も含めたゼロ位相差を達成した。

3.2 IPSパネルへの適用

IPSパネルには、液晶の配向と偏光板吸収軸の組み合わせが異なるタイプが存在するが、ここではFig.2に示すバックライト側の偏光子の吸収軸とセルの液晶配向方向の等しい構成のパネルに適用した場合について述べる。

視認性に影響を及ぼすのはセル側の2枚のTAC (Fig.2のTAC-2, TAC-3に相当。)である。黒表示時にそれぞれ各種のTACフィルムを適用した場合における視野角カラーシフトをCIE 1975 UCS色度図上に示した結果をFig.4に示す。2枚のフィルムの厚み方向の位相差を等し

く低下させた場合 (Fig.4 A, C, E), 特に0nmにした場合にカラーシフトの範囲が減少することが分かる。TAC-3にゼロ位相差のTACフィルムを適用した場合は (Fig.4 B, D, E), いずれもカラーシフトは改善されるが, TAC-2のみを置き換えてもほとんど改善しないことが分かる (Fig.4 F)。これらの結果は, バックライト側の偏光子の吸収軸とセルの液晶配向方向が垂直である場合には, TAC-2とTAC-3の役割が入れ替わり, 同様の結果となることも確認されている。例えばFig.4のDとFが入れ替わる結果となる。また, TAC-3の厚み方向の位相差がゼロであるB, D, Eにおいては, TAC-2のRthを55nmから減少させても大きな変化は見られず, Rthが55nmの場合においてのみu'成分のシフト量が僅かに大きい現象が見られた程度であった。

一方, Yodaらの近年の報告²⁾によれば, TAC-2, TAC-3共に厚み方向の位相差を低下させることにより, よりカラーシフト量が小さくなるシミュレート結果も報告されている。この報告は, 以上の結果を鑑みると, Fig.2のセルの場合におけるTAC-3の位相差成分の変化に依存するものであり, TAC-2の位相差違いによる寄与度は少ないものと考えられる。これらをまとめると, IPS液晶セル適用時のカラーシフト性能は, 液晶配向と吸収軸が平行な偏光板のセル側 (Fig.2, TAC-3) にゼロタック[®]を配置することを必須条件として, 他方のセル側偏

光板保護フィルム (同TAC-2) に適用するフィルム違いで, カラーシフトの少ない順に80 μ mTAC>40 μ mTAC \geq ゼロタック[®]となる。

4 表示均一性

4.1 光弾性係数

偏光子のPVAが数倍もの延伸倍率で作製されて大きな残留応力を持っているために, 偏光板保護フィルムは収縮方向への応力を受けざるを得ない。さらにパネル貼合時には粘着剤でガラスに貼合され, 両側から応力を受けることとなる。さらに, バックライト光による熱の影響により, 部分的にこれらのバランスが崩れるためにさらに応力が加わることがある。この応力によって位相差が発現してしまう現象は光弾性効果と呼ばれ, 本来の設計位相差から乖離した部分はムラとなり, 表示品位を損なう原因となる。

TACフィルムの光弾性係数は, 一般的な光学材料の中でも特に大きなものではない。しかしより高品質な大型テレビ用偏光板保護フィルムを追求するには, さらに低下させることが望ましい。Table 1に示すように, ゼロタック[®]の光弾性係数は従来のTACフィルムに比べて2/3程度に抑えることに成功した。

4.2 単体フィルムの寸法変動

セルロースエステルフィルムは, 湿度変動による寸法変化が比較的大きいという特徴がある。しかしながら, 実際の液晶ディスプレイの使用環境において問題となるのは, むしろバックライトの発熱による温度変動である。

Table 1 Photoelastic constants of optical films

Film	Photoelastic const. ($10^{12}/\text{Pa}$)
TAC (conventional)	12
ZeroTAC	8
COP	2-7
PC	70-80

いずれの変動因子においても偏光子を構成するPVAに比べてはるかに変化率は小さいが, セル側の粘着剤から受ける力を低減し, 偏光板保護フィルムとしてPVAの変動を抑えるためにも少ないことが望ましい。Fig.5に各種セルロースエステルの温度に対する寸法変化率を示す。実験は, 23 $^{\circ}$ C相対湿度55%の室内環境下, 基板上にフィルムを静置し, 基板の温度を変化させて, 変化率を測定したものである。

ゼロタック[®]を含めたセルロースエステルフィルムの寸法は, 温度に対してほとんど変化せず安定であることがわかる。これは, COPなどの一般的な樹脂が熱膨張のみの因子で寸法変化して高温下では単調膨張してしま

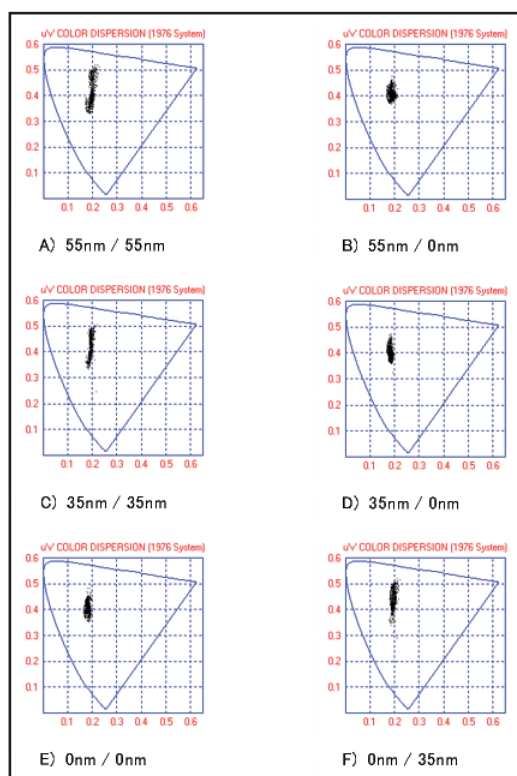


Fig.4 Color shift dependence on Rth of TAC
Effect of ZeroTAC used for TAC-3 on decreasing color shift is far greater than that for TAC-2. (Rth = $\{(nx + ny)/2 - nz\} \times d$, wherein nx and ny are refractive in-plane indices, and nz is out of plane refractive index.)

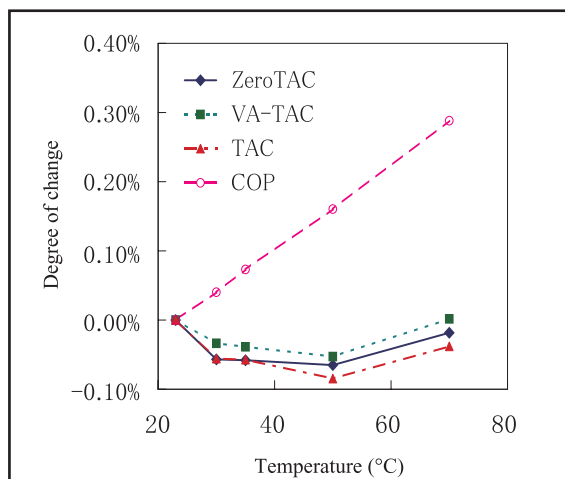


Fig.5 Dimensional behavior of several optical films

うのに対し、セルロースエステル熱膨張率が、高温になるにつれて含水率が低下することによる乾燥収縮率とほぼ等しいため、膨張収縮のバランスがとれていることによるものと考えられる。これにより、温度変動による寸法変化の影響は少なく、ムラの少ない表示品質を期待できる。

4.3 ムラの低減効果について

表示均一性を損なうムラを引き起こす光弾性効果は、フィルムの光弾性係数とフィルムに加わる応力の積に比例する。フィルムの光弾性係数が低くても、フィルムに加わる応力が比例して大きくなれば、光弾性効果の影響度は同じ程度となってしまう。応力は膜厚が大きいほど増大するため、フィルムの膜厚は薄いことが好ましい。ゼロタック®では約40 μ m厚と従来の半分の膜厚であり、受ける応力は従来TACの半分、光弾性係数は2/3であるため、光弾性効果によるムラは1/3程度に軽減されることが期待される。さらに、偏光板を構成する他方のTACフィルムをも薄膜(40 μ m)化することにより、ガラスセルに与える応力も半減することができ、薄型大画面テレビのそりを抑えることができる。

5 偏光板保護フィルムとしての特性

5.1 透過特性

一般的なTACフィルムは優れた可視光透過特性を有している。ゼロタック®では、さらに従来用いられてきたベンゼン環を有する添加剤から、脂肪族系の添加剤に変更したことにより、 π 電子による吸収が減少した。位相差をコントロールしたテレビ用のフィルムとして、従来のTACフィルム以上の高透過率、低散乱性能を達成した。さらに高耐久性の紫外線吸収剤を添加させることにより、紫外線カット性においても、必要十分な性能を有している。

5.2 機械的特性

ゼロタック®は、薄膜40 μ mのフィルムでも十分な強度を確保し、従来のTACフィルムと同様のハンドリングが可能な特性を持っている。

5.3 耐久性

耐久性として求められることは、高温、低温、高湿、紫外線等の条件下に長時間さらされた場合に、単体のTACフィルムのみならず、偏光板、さらにはパネルの特性変化が無いことである。耐久性に劣るフィルムは、特に高温高湿下においてフィルム成分が分解を起こし、黄変などを生じる。ゼロタック®は、従来のTACフィルム同等以上の耐久性を実現した。またTACフィルム本来の役割である偏光子の保護性能においても同様であり、高温高湿下における偏光度の経時劣化を防ぐ効果を有し、偏光板の耐久性向上にも貢献している。さらに寸法変化率、重量変化率においても安定な性能を有している。

5.4 偏光板加工性

偏光板保護フィルムは、偏光子のPVAを挟んで構成されるものであり、両者の密着性確保は重要である。TACはPVAに貼合する際に、前処理として鹼化処理を行って接着性を高めるが、ゼロタック®は従来のTACフィルムと同等の鹼化処理条件で接着性を高めることができる。さらにPVAとの水系接着剤貼合の後に水分を揮発乾燥させるために、必要な水蒸気透過率を有している。また、有機溶媒に対しても、従来TACと同様の溶媒に対する耐性を有している。

以上述べたようにゼロタック®の偏光板保護フィルムとしての基本特性は従来TACと同等である。よって従来同様の加工プロセスで偏光板の製造は可能である。また、本フィルムにアンチグレア、反射防止処理等を施しても、高性能な表面フィルムとして用いることができるであろう。

6 まとめ

ゼロタック®はゼロ位相差を有したTACフィルムであり、偏光板保護フィルムとしての機能においても、今までのTACフィルム同等以上の性能を有するものである。更に液晶テレビの高性能化、大画面化に伴い、今後益々厳しくなる要求性能にも応えうる優れた特性を実現した。

●参考文献

- 1) 葛原憲康, 梅田博紀, 渋谷俊明, KONICA MINOLTA Tech. Rep. 3, 133
- 2) K. Yoda, S. Yano, H. Yoshimi, and T. Shoda, IDW'05 Digest, 1321-1325(2005)