

LCD用偏光フィルムの高機能化と新しい展開

住友化学工業(株) 基礎化学品研究所
 染谷 保 行
 蔵田 信 行
 東 浩 二
 本 多 卓
 清 水 朗 子
 林 成 年
 波 岡 誠
 松 元 浩 二
 水 口 圭 一
 精密化学品研究所
 栢 根 豊

High Functionization of Polarizing Films for LCD and Their New Applications

Sumitomo Chemical Co., Ltd.
 Basic Chemicals Research Laboratory
 Yasuyuki SOMETANI
 Nobuyuki KURATA
 Kohji HIGASHI
 Masaru HONDA
 Akiko SHIMIZU
 Narutoshi HAYASHI
 Makoto NAMIOKA
 Kohji MATSUMOTO
 Kei-ichi MINAKUCHI
 Fine Chemicals Research Laboratory
 Yutaka KAYANE

In recent years, the market of Liquid Crystal Display has been expanded because of the emergence of new applications such as LCD-monitors, LCD-TV, PHS, cellular in addition to the displays for the notebook-type computers. We have been developing new optical materials used for various applications of LCD, putting sheet polarizer technologies as a core science. This paper describes the trends of these fields and the recent developments on sheet polarizers regarding new functions.

はじめに

近年の情報化社会のディスプレイとして、液晶表示装置(LCD)を初めとするプラズマ・ディスプレイ、エレクトロルミネッセンス・ディスプレイなどのフラットパネルディスプレイ(FPD)が大きな市場を形成するようになった。

これらのFPDの中でもLCDは、薄型省スペース、軽量、低消費電力などの特徴により、ノートPC以外にも液晶モニター、TV、携帯電話、民生機器などの市場開拓を行うことで、1997年には1兆円の市場規模となり、2002年には2兆円を越えると予想されている(第1図)。これに伴い偏光フィルムの需要も急

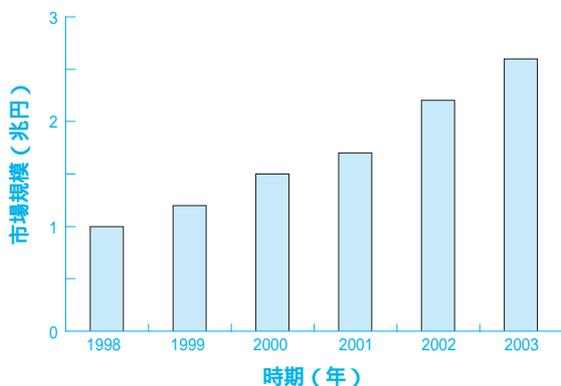
激に増加すると予想されている(第2図)。

これらのLCDの新しい市場の開拓は、LCDや関連部材の生産性の向上による低価格化だけではなく、LCDがCRTと比較して劣ると言われていた視野角特性、応答速度、色再現性などの特性を大きく改良し、高機能化したことに依るところが大きい。

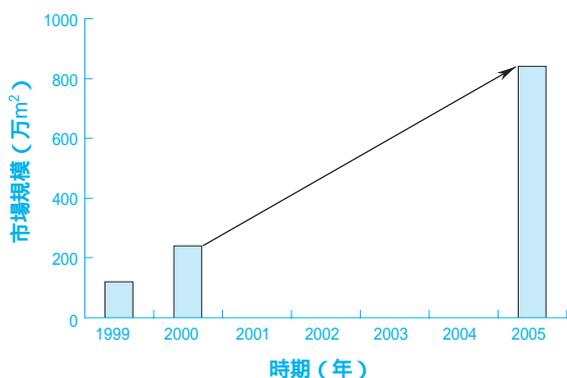
住友化学は、LCD関連部材として1988年より位相差フィルム、1990年より偏光フィルムを商品化しているが、LCDの特性改良、高機能化を実現するために、これまで多くの改良を行ってきた。

今回は、LCD用偏光フィルムの最近の高機能化および高機能化によって開拓した新たな応用分野について述べる。

第1図 LCDの世界市場規模



第2図 偏光フィルムの世界市場規模



偏光フィルムの高機能化

1. 基本特性の改良

① 概要

偏光フィルムは、あらゆる方向に振動している光(自然光)から一定方向にのみ振動する光(直線偏光)を取り出す光学フィルタであり、液晶セルの上下面に配置して用いられ、その品質がLCDの表示品位を左右するといっても過言ではない。

LCDに用いられる偏光フィルムは、偏光特性を発現する偏光子と呼ばれるフィルムの両面に保護フィルム(トリアセチルセルロース(TAC)フィルム)を貼り合せた構造が一般的で、偏光子は一軸に延伸されたポリビニルアルコール(PVA)フィルムに二色性色素を吸着配向させたものが使用される。二色性色素は細長い分子形状をしており、分子長軸方向に振動する光は吸収し、これと直交する方向の可視光は透過する性質(二色性)を有する。この二色性色素をPVAフィルムの延伸方向に吸着配向させて、一方向に均一に配向させることで二色性=偏光性能を発現させている。

二色性色素としてはポリヨウ素と二色性有機染料が一般的であり、各々ヨウ素系偏光フィルム、染料系偏光フィルムと呼ばれている。

偏光フィルムの基本特性は、光学特性(透過率、偏光度、色相)、耐久性などで示され、延伸加工技術、

染色技術、染料合成技術、高分子合成技術などの基本技術開発が鍵となる。我々は、これらの技術を武器にLCDの主流となっているTFT用途の偏光フィルムを中心にSTN用途、車載用途、液晶プロジェクター用途など幅広い偏光フィルムグレードを開発してきた。

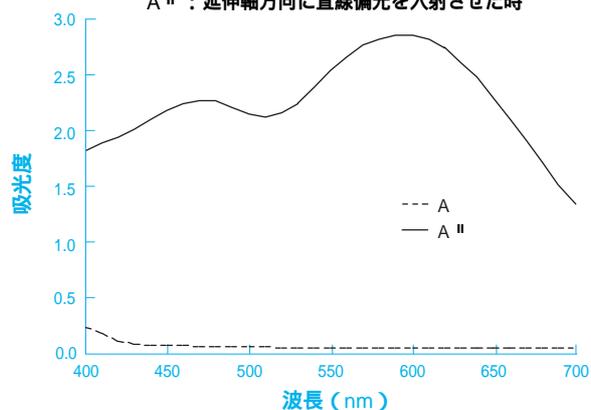
② ヨウ素系偏光フィルム

ヨウ素分子はPVA分子と錯体を形成し、ヨウ素がいくつか連なったポリヨウ素を生成する。配向PVAフィルム中におけるヨウ素-PVA錯体(ポリヨウ素)は可視光領域で高い二色性を示す(第3図)ため、ヨウ素系偏光フィルムは偏光性能が非常に高く、高い光学特性が要求されるTFT-LCD用途に多く用いられている。

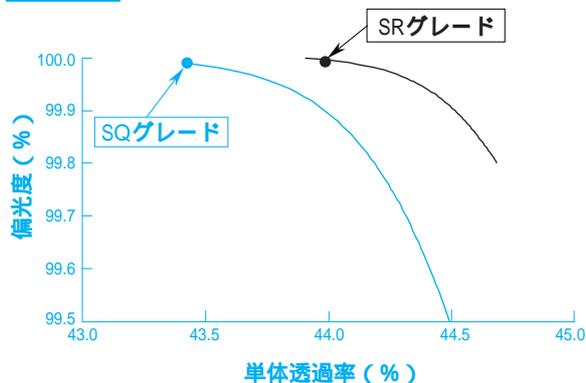
配向PVAフィルム中におけるヨウ素-PVA錯体の構造、生成過程は、ヨウ素系偏光フィルムの高機能化において重要であり、これらを詳細に解析して新たな加工技術を導入することで、業界で最も高性能なヨウ素系偏光フィルム「スミカラン®SRグレード」の製品化に成功した。SRグレードの偏光性能を第4図に示すが、従来の当社の基本グレードであったSQグレードと比較して高性能化が図られており、ユーザーからも高い評価を得ている。また、一般にヨウ素系偏光フィルムは、ヨウ素-PVA錯体が加熱・加湿に弱いために耐久性能が余り高くないが、SRグレード

第3図 ヨウ素-PVA錯体の偏光吸収スペクトル

A : 延伸軸垂直方向に直線偏光を入射させた時
A^{||} : 延伸軸方向に直線偏光を入射させた時



第4図 ヨウ素系偏光板の偏光性能



第1表 ヨウ素系偏光板の耐久性

耐熱性能：80 -Dry / 500hrs 後

	Py	Ty	E*
SRグレード	-0.1	0.2	0.6
SQグレード	-0.1	0.2	1.5

耐湿熱性能：60 -90%RH / 500hrs 後

	Py	Ty	E*
SRグレード	-0.1	0.5	0.8
SQグレード	-0.2	1.6	1.2

Py：偏光度の初期からの変化
Ty：透過率の初期からの変化
E*：色相の初期からの変化

では耐湿熱性の改良も図られている(第1表)。

③ 染料系偏光フィルム

染料系偏光フィルムは、ヨウ素系偏光フィルムと比べて偏光性能は劣るものの耐久性が非常に高く、高耐久性が要求される車載用LCD等に多く用いられている。

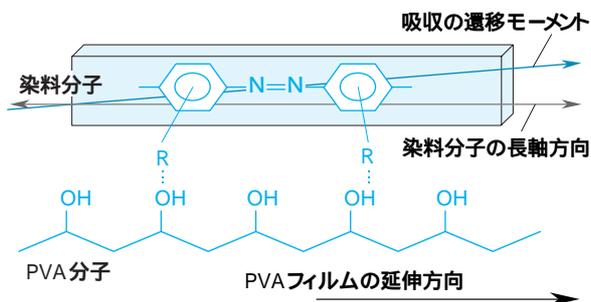
染料系偏光フィルムは、配向PVA分子鎖に沿って二色性染料を吸着配向させたものであり、この二色性染料の配向度を高くすることで高性能化を達成できる。この二色性染料分子を高配向化させるには次の3つのポイントが重要である(第5図)。

- i) 染料分子の吸収の遷移モーメントと染料分子の長軸方向を一致させる。
- ii) 染料分子をPVA分子鎖に平行に吸着配向させる。
- iii) PVA分子鎖をフィルム延伸方向に高度に配向させる。

i)とii)は二色性染料の分子設計、即ち分子の形状は細く、長く、より平面的な構造となるような基本骨格を選択し、PVA分子との相互作用を考慮して置換基の種類と位置を最適化することによって達成できる。ii)とiii)はPVA分子鎖の配向技術に大きく依存し、延伸技術の開発がキーポイントとなる。

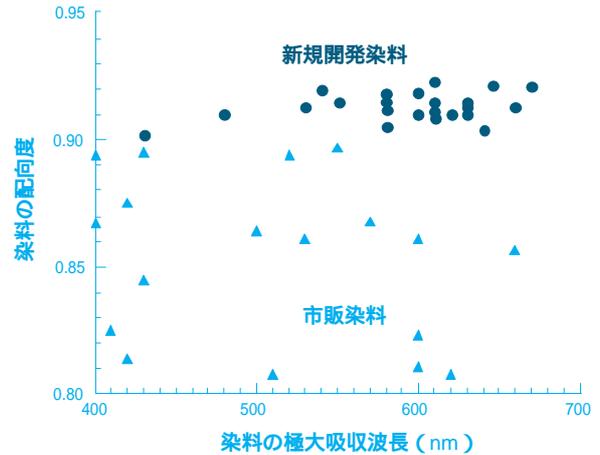
二色性染料は精密研と共同開発を行っており、数百種類の新規染料を合成・評価して構造の最適化を行

第5図 PVA分子鎖に吸着した染料分子の模式図

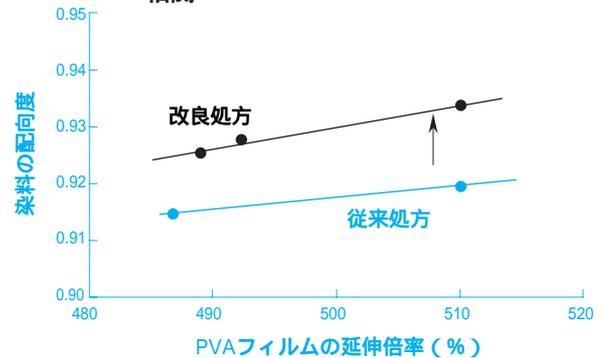


うことで、非常に高い二色性の染料を開発することができた(第6図)。また、PVA分子鎖の配向技術も改良し(第7図) これまで不可能と考えられていた非常に高性能な染料系偏光フィルムを世界で初めて開発することができた。

第6図 新規二色性染料の配向度と maxの相関



第7図 PVAフィルムの延伸倍率と染料配向度の相関



2. 防眩(アンチグレア; AG)処理

LCD表面に映り込む蛍光灯等の外光は視認性を大きく損なう。このため偏光フィルムの表面には微細な凹凸を形成させる防眩(AG)処理が広く行われている。

表面に凹凸を形成する手段としてはエンボスロールを用いるエンボスタイプ、微細なフィラーを用いるフィラータイプに大別される。現在、シリカゲルなどのフィラーを混合したハードコート剤を塗工、硬化させたTACフィルムがAG偏光フィルムの原料として最も広く使用されている(第8図)。

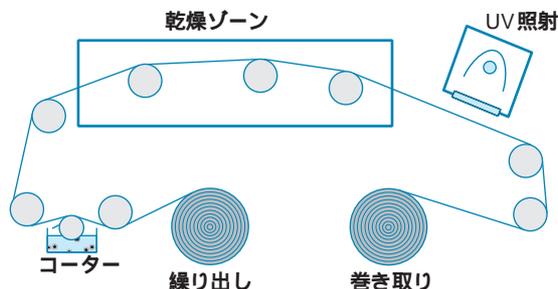
① 基本的な光学特性

AGコートには、

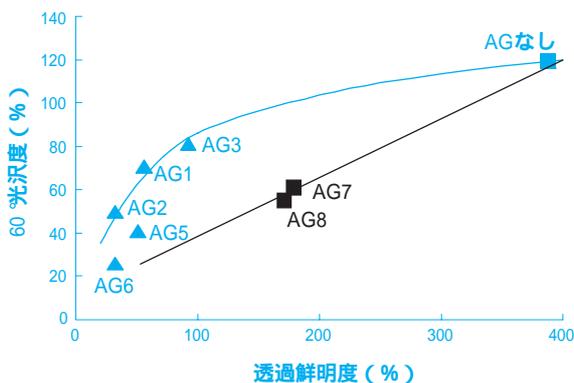
- i) 防眩性が十分なこと(低光沢度)
- ii) 透過像がボケないこと(高透過鮮明度)

が要求されるが、一般には透過鮮明度の上昇とともに防眩性は低下する傾向にある(第9図)。

第8図 AG-TACの製造プロセス



第9図 AGコート防眩処理の光学特性



② 高精細 AG

近年の表示の高精細化に伴い、AG加工にも高精細感が要求されており、フィルターの種類を最適化することにより防眩性と高精細感を両立したAG7を開発した。

③ ギラツキ低減 AG

更に従来のTFT-LCDの画素サイズは100μm以上が主流であったが、近年低温ポリシリコンプロセス等の開発により画素サイズはより微細化、高精細化する傾向にある。これに伴い表示の“ギラツキ”が新たな問題として浮上するようになってきている。

我々はこの課題に対して、表面形状を更に見直しギラツキを低減させたAG8を開発した。

3. AR(アンチリフレクション) LR(ローリフレクション)

LCDの用途がOA用等の屋内用途中心から屋外用途のLCDモニター付きビデオカメラや携帯情報端末等に広がるにつれ、視認性を向上させるために外光の反射を抑える表面処理が求められるようになった。特に、今後大幅な発展が期待される反射型LCDにおいては、バックライトなしでも外光を有効に利用して表示を行うためにLCD表面での不必要な反射を避ける反射防止技術が不可欠なものとなっている。

ARは表面に無機誘電体の多層膜を形成して干渉により光学的に外光の反射を低減するものであり、眼鏡レンズやフラットCRT等にも多用されている技術

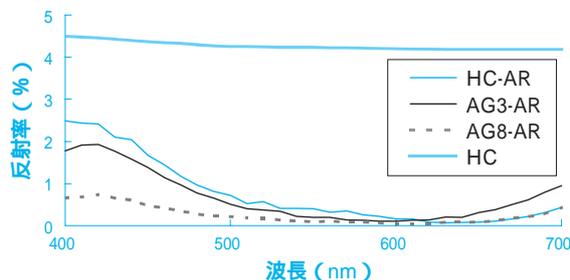
である。

偏光フィルム表面にAR処理を施すことにより、約4%ある外光反射を約0.3%まで低減することができる。第10図に当社のAR処理偏光フィルムの反射特性を示す。この方法は反射防止性能が非常に優れており、視認性を大幅に向上させる効果をもつ反面、コスト的にはかなり高価となる。

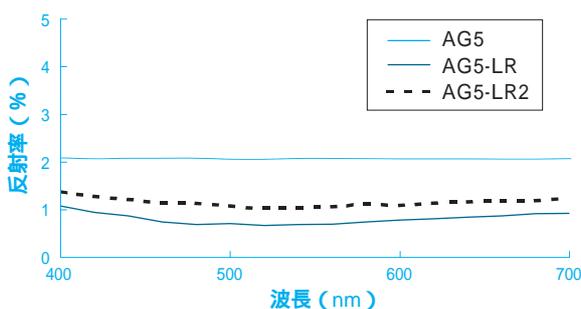
一方、LRはARより反射防止機能は多少劣るものの、より低コストで外光反射を低減する方法である。偏光フィルム表面にLR処理を施した場合、約4%ある外光反射は0.7~1%程度まで低減される(第11図)。

従来、ARやLRは多層膜を構成する各層に対して高い膜厚精度が要求されるために主として蒸着やスパッタ等の真空成膜法で製膜されてきたが、反射防止処理の需要の大幅な伸びとコストダウンの要求、加えて成膜法技術の進歩に伴い、より生産性に優れた湿式コーティング法によるものも開発されるようになってきている。

第10図 AR処理偏光フィルムの反射防止特性



第11図 LR処理偏光フィルムの反射防止特性



また、ARやLRでは指紋などの油分や汚れが付着すると反射防止機能が損なわれるのみではなく、付着部分と周りとの反射率の差が大きくなり汚れが非常に目立つようになる。このため、ARやLR表面には汚れの付着防止と拭き取り性の向上のために防汚処理が施されることが多い。防汚性は表面エネルギーの大小により評価され、水接触角の値が大きいほど優れた防汚効果を発揮する。当社の開発した防汚処理の性能を第2表に示す。

第2表 防汚処理性能(AR面への処理)

	防汚処理品	未処理
接触角	112°	40°
指紋拭取性		×
指紋付着性		×
マジックインキハジキ性		×
鉛筆硬度	2H	2H以上
スチールウール硬度	傷なし	傷なし
反射率(550nm)	0.2%	0.2%

*スチールウール試験：#0000スチールウールで250g/cm²加重下
10往復後の表面状態

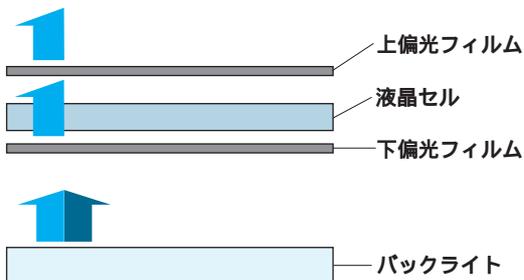
4. 輝度向上フィルム

LCDはCRTのような自発光型ではないため、何らかの照明装置が必要であり、例えばノートPCや液晶モニターでは、バックライトと称される照明装置を背面に備えている。バックライトから放出された光は、LCD背面側に設置された下偏光フィルムにより、まず特定振動方向の偏光光のみが抽出される。

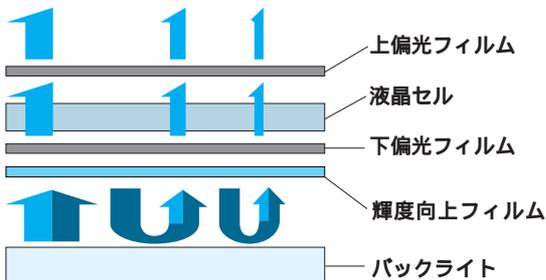
LCDをより明るくするためには、あるいは低消費電力なものとするためには、光の利用効率をいかにして上げるかということが重要である。前述したように、バックライトから放出される光がそのまま下偏光フィルムを透過すると、不要な振動方向の偏光光は偏光フィルムにより吸収されてしまい、実に半分以上のエネルギーが無駄になってしまう。そこで、不要な振動方向の偏光光が吸収される前に、反射してバックライト側に戻し、偏光状態を白紙の状態にしてから再び下偏光フィルムに放出させるというアイディ

第12図 輝度向上フィルムによる輝度向上効果

a) 輝度向上フィルム未使用



b) 輝度向上フィルム使用



第3表 輝度向上フィルムによる正面輝度向上効果

	DBEF/偏光フィルム	
	分離使用	貼合使用
輝度向上率(倍)	1.55	1.60

アが生まれた。こうすることで、本来なら吸収されたであろう光の半分が利用可能なものとなるし、この1回目のリサイクルで再び生じる不要な振動方向の偏光光も再び反射され2回目のリサイクルに回されるため、理想的な状態であれば、ほとんど全てのバックライト放出光を利用可能な偏光光へと変換できる。すなわち、従来と同一の消費電力であるにもかかわらず、画面を2倍の明るさにすることができる(第12図)。

輝度向上フィルムを有効に活用するためには、光のリサイクルを有効に機能させることが重要であり、そのためには、例えば界面反射による光のロスを防ぐことが有効である。当社では、輝度向上フィルムとして視角依存性の少ない3M社のDBEFと当社偏光フィルムの貼合一体品を上市している。第3表に示すように、貼合一体品とすることで、輝度向上フィルムはさらに効果的なものとなる。

新しい用途展開

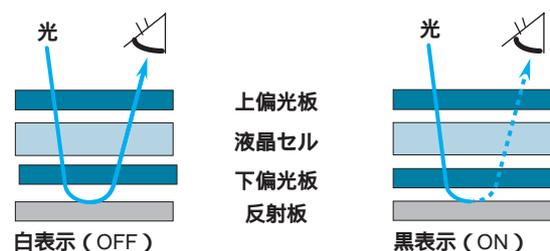
1. 反射型LCD用偏光フィルム

第13図に示すように反射型LCDでは白表示の場合、LCDに入射した光は、偏光フィルムを4回通過した後に目に入る。従って、偏光フィルムを透過軸が平行になるように重ねたときの色相がLCDの白表示の色相に大きな影響を与える。

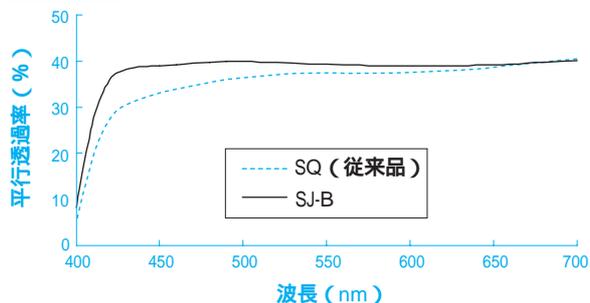
通常のヨウ素系偏光フィルムは短波長側に吸収があるため、若干黄色っぽく着色しており、フィルムを平行に重ねると着色はさらに顕著になり、反射モードの白表示の様に光が複数回透過する場合は、短波長側に少しの吸収があっても無視できない大きさとなる。

我々は、短波長側の吸収の原因を解明し、偏光子中のヨウ素 PVA 錯体の構造を最適化することにより、従来品よりも短波長側の吸収が少なく平行色相がより

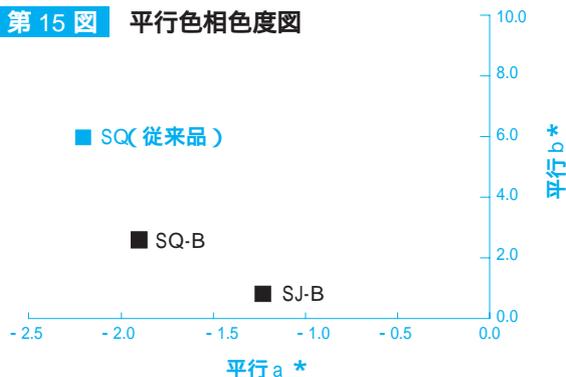
第13図 反射型LCDの表示原理



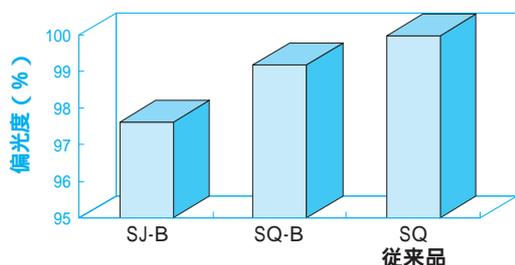
第14図 平行透過率スペクトル



第15図 平行色相色度図



第16図 ホワイト偏光フィルムの偏光度



ニュートラルになる技術を開発した。この方法で作成した偏光フィルムの平行透過率スペクトルは従来品と比較すると短波長側の吸収が少なく全波長領域でほぼ透過率が等しくなっている(第14図)。このため偏光フィルムを平行に重ねたときの色相がニュートラルグレーに近いものとなる(第15図)。この技術を用いてユーザーの要求に基づき、色相をより重視したSJ Bグレードと偏光度(コントラスト)を重視したSQ Bグレードの2種類のホワイト偏光フィルムを開発した(第16図)。

2. 液晶プロジェクター用偏光フィルム

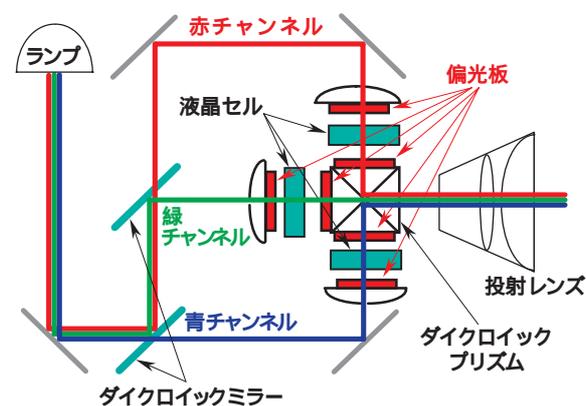
① 液晶プロジェクター

液晶プロジェクターは、プレゼンテーションツールとして急速に広まっているデータ・プロジェクターや、デジタル放送時代を迎えて広まりつつある対角40インチ以上の大画面プロジェクションテレビなどの直視型のLCDで対応できない大画面に対応した表示装置で

あり、近年急速に開発、商品化が進み市場は拡大を続けている。

液晶プロジェクターは、液晶パネルを1枚使用する単板方式と、液晶パネルを3枚使用する3板方式がある。第17図に現在主流である3板方式液晶プロジェクターの概略図を示す。光源はメタルハライドランプ、高圧水銀ランプなどの高輝度ランプが使用され、光源からの光をダイクロイックミラーで赤、緑、青(R、G、B)三原色に分離し、3枚の液晶パネルで各色ごとの画像を形成した後、ダイクロイックプリズムなどでR、G、Bの画像を合成してフルカラーの映像を投射する仕組みになっている。

第17図 3板方式液晶プロジェクターの構造



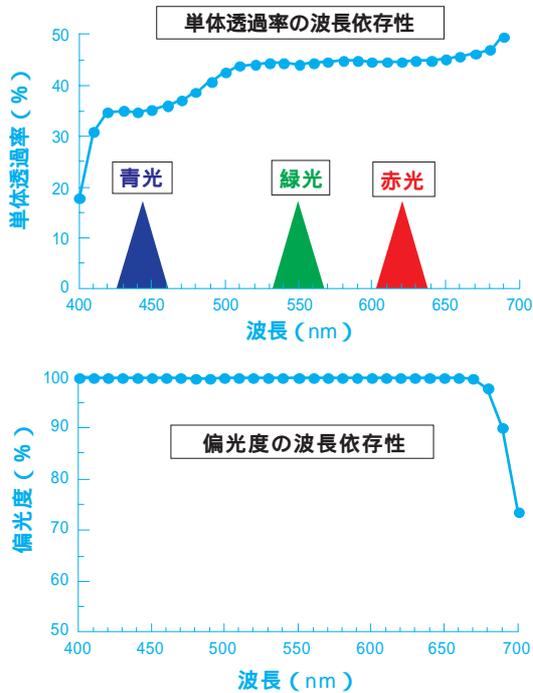
② 液晶プロジェクター用偏光フィルム

液晶プロジェクターでは、偏光フィルムが高輝度ランプから照射される非常に強い光を吸収して、それ自体が高温となるため、液晶セルの配向緩和を防ぐ目的で液晶セルと偏光フィルムは離して配置され、偏光フィルムは平凸レンズやダイクロイック・プリズムに貼合して使用される。

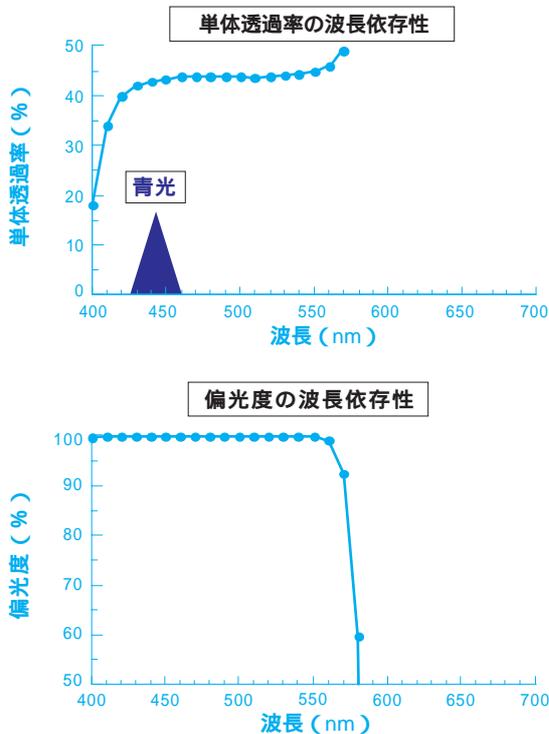
このように液晶プロジェクター用の偏光フィルムは、強い光と熱に晒されるため、光及び熱に対する非常に高い耐久性が求められる。一方、高輝度化も重要な要素であり、より高透過の偏光フィルムが求められている。当社が開発した高性能かつ高耐久性染料系偏光フィルムSWグレードは波長500nm～650nmにおける単体透過率と偏光度が高く緑、赤チャンネル用として最適の特性を備えている(第18図)。

しかしながら、SWグレードは450nm付近の透過率が低く、青チャンネル用偏光フィルムとしては十分な特性を有していないため、新たに青チャンネル専用の高性能偏光フィルムの開発を行った。この際、青色光は光エネルギーが高く、光による偏光フィルムの劣化が著しいため、耐光性を上げる検討も同時に行った。即ち、様々な染料の耐光性と構造との相関を調べ、二色性と耐光性の高い染料を見出すとともに

第18図 SWグレードの分光スペクトル



第19図 SC-Oグレードの分光スペクトル



に、堅牢性の高い染色処方も同時に開発することで高耐光性かつ高性能な青チャンネル専用偏光フィルム SC O グレードを開発することができた(第19図)。

3. 円偏光板の応用

円偏光板は、古くから反射防止フィルターとしてCRT等のVDTフィルター等に使用されている。

最近、等方性のタッチパネルが開発されたことに

より、タッチパネルに円偏光板が使用され始めた。

① 従来のタッチパネル

抵抗膜式タッチパネルは透明導電膜を形成した2枚のフィルム(主にPET)またはガラスを向かい合わせにした構造をしており、上下の電極の接触による電位変化を測定することで位置を認識するものである。

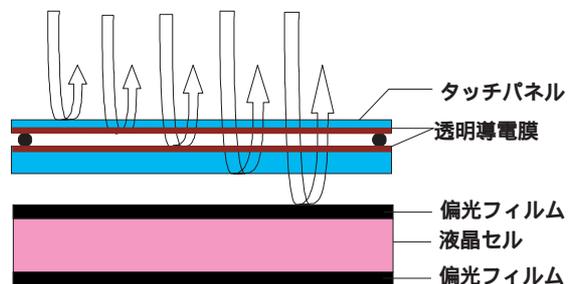
この方式のタッチパネルは安価なことから最も広く使用されているが、多層構造で界面が多く、透明導電膜の反射率も高いことから、総反射が約20%と大きく視認性に課題があった。(第20図)

② 円偏光仕様タッチパネル

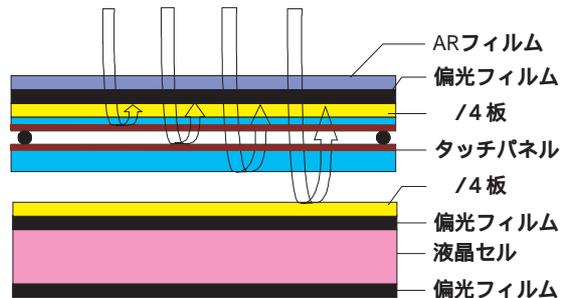
PETに代えて等方性の部材で構成されたタッチパネルでは、円偏光板による反射防止が可能になる。表面にAR処理することにより、その総反射率は0.5%程度にまで低減することができる。

円偏光仕様タッチパネルは、円偏光板の偏光フィ

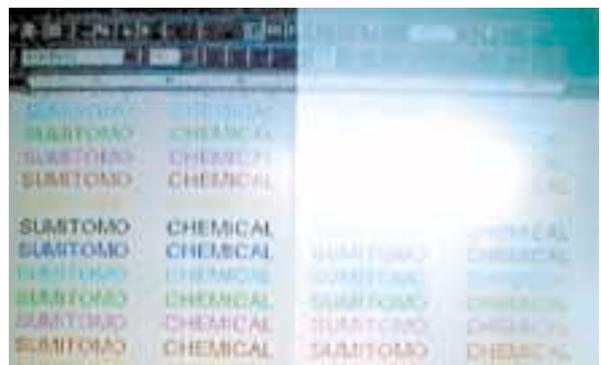
第20図 従来のタッチパネル



第21図 円偏光仕様タッチパネル



第22図 AR付き円偏光仕様タッチパネルの視認性



ルムの吸収軸とLCDの上偏光フィルムの吸収軸を一致するように配置し、さらにLCD表面またはタッチパネル裏面に円偏光板の1/4板の位相差を相殺するための1/4板を配置した構成となっている(第21図)。これにより、LCDの表示画面は円偏光板の影響を受けなくなるため、着色したり暗くなることなく表示を行うことができる。

また、最表面のARフィルムとして耐擦傷性に優れたものを貼り合わせるにより、ペン入力にも対応することができる。

第22図は、AR処理された円偏光仕様のタッチパネルを搭載したLCD(左側)と従来のタッチパネルを搭載したLCD(右側)に蛍光灯を写りこませたものである。外光の反射が小さく視認性が良いため、円偏光仕様のタッチパネルは現在カムコーダー、カーナビ、ノートPCなどに採用されている。

おわりに

LCDなどのFPD業界は、その市場を拡大するために、生産性の向上による低価格化や新規市場の開拓が精力的に進められている。特に今後は、5大市場と言われるノートPC、液晶モニター、携帯電話、モバイル機器、液晶TV分野での開発競争が激しくなると予想される。これに伴い偏光フィルムなどの光学フィルムに要求される特性も変化し、高度化すると考えられるため、部材を供給する側としては、常に市場動向を踏まえた開発を心がけなければならない。

我々は、表面加工を含めた偏光フィルムの基礎技術開発に軸を置きながら各市場が要求する特性を備えた部材を開発し、コストパフォーマンスに優れた製品をタイムリーに提案することを通じて、LCD市場の要求に応じて行く所存である。

PROFILE



染谷 保行
Yasuyuki SOMETANI
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主席研究員, グループマネージャー



林 成年
Narutoshi HAYASHI
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主任研究員



蔵田 信行
Nobuyuki KURATA
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主席研究員



波岡 誠
Makoto NAMIOKA
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主任研究員



東 浩二
Kohji HIGASHI
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主席研究員



松元 浩二
Kohji MATSUMOTO
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所



本多 卓
Masaru HONDA
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主任研究員



水口 圭一
Kei-ichi MINAKUCHI
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所



清水 朗子
Akiko SHIMIZU
住友化学工業株式会社
基礎化学品研究所
主任研究員



栢根 豊
Yutaka KAYANE
住友化学工業株式会社
精密化学品研究所
主席研究員