

光学材料・光学部材の最近 10 年の進歩

金井 俊孝*

最近の光技術やそれを支える光学材料・光学部材の発展には目覚ましいものがある。

2011 年の TV のデジタル放送への全面切り替えに対応し、液晶ディスプレイ (LCD) TV やプラズマ TV の需要は大きく伸びてきている。LCD は使用しているプラスチックの光学部材により光の反射、屈折、偏光などを巧みに制御している (図 1)。

最近では、有機 EL の TV も販売が開始され、今後照明分野への展開も期待されている。

プラスチック光学レンズは携帯電話用のカメラやデジタルカメラ、コピー機やプロジェクターなどの事務機器にも幅広く使用されてきている。これらを製造する超精密成形の技術はプラスチックレンズの製造に大きく貢献しており、光学メモリーとしての CD や DVD の成形技術にも応用されている。また、光伝送分野ではプラスチック光ファイバーも広く使用され、日常生活を豊かにしている。

LED が照明、信号機には大量に使用されてきており、夜を彩るイルミネーションの赤、緑、青の鮮やかな光がファンタスティックな世界を生み出している。白熱電球と比較し、長寿命、低消費電力で高輝度などの特長により、パソコンや携帯電話用のバックライト用にも急速に伸びてきた。

これらの技術は、新聞やテレビの話題に上ることが非常に多くなっており、最近 10 年間のこの分野の技術開発の進歩は日本の技術者の努力によって支えられてきた。

これらの発展には光学材料・部材の開発、超精密成形加工技術や表面を制御する二次加工技術、光学設計技術などの進歩によるところが大きい。

この分野のすべての内容を網羅することはできないので、最近プラスチック成形加工学会の講演会や雑誌“成形加工”で扱った内容^{1)~6)}を中心に、これらの技術について概観し、最後に今後の動向について触れてみたい。

1. 光学材料

1) 脂肪族環状ポリオレフィン (COP, COC)^{7)~10)}

この 10 年間で大きく伸長している材料に脂肪族環状ポリオレフィン (COP) やその共重合体 (COC) がある。COP や COC として、図 2 のような構造の光学材料が上市されている。光学用樹脂は光学フィルムに利用される場合、ゲルの防止、良表面外観、高透明性や低位相差の観点から、従来、溶液キャスト法により成形されるのが一般的であった。

しかし、最近では成形加工技術の進歩により、熔融キャスト法でもフィルム成形できるようになってきており、ハロゲン溶剤の使用やその回収工程が必要ないため、加工工程の削減が可能となり、また複数の機能を兼ね備えたフィルムを精密成形することにより部材枚数の削減が可能となり、大幅なコスト削減ができるようになってきている (図 3)⁹⁾。

COP および COC の原料である C5 留分はまだ過剰状態

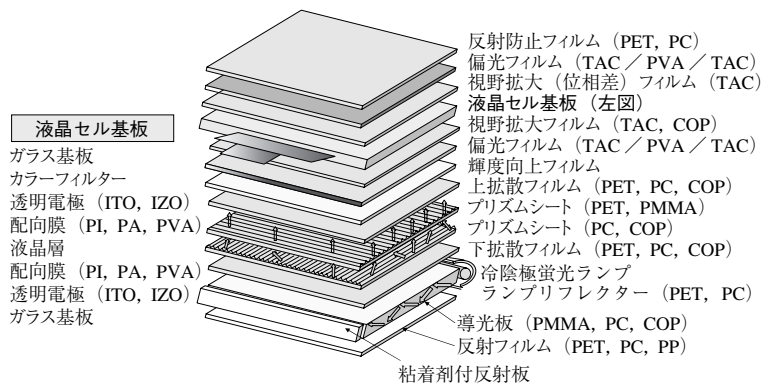


図 1 LCD フィルムの構成

* Kanai, Toshitaka
出光興産(株) 機能材料研究所
市原市姉崎海岸 1-1
2008.5.26 受理

で、現在の COP および COC の生産能力は約 6 万 ton/年規模に達しており、製造各社は今後も積極的な光学材料開発を推進したい意向である。

また、各種モノマーの構造を変化させて極性基を置換基に導入することにより、ポリビニルアルコール (PVA) との相性を改良した研究も行われている。

さらに、TAC (トリアセチルセルロース) /PVA/COP による視野拡大機能を持たせた偏光フィルムの開発も行われている。

光学材料として脂肪族環状オレフィンの共重合材料である COC も利用されている。この樹脂の良い点は他の COP と比較し、屈折率が多少高く、またエチレンとの共重合のため、複屈折が発生しにくいなどの性質である。その特性を生かしたピックアップレンズ用途や高流動グレードの特性を生かした薄肉導光板などに展開されている。欠点は三級炭素直結の水素があり、熱分解されやすい点であり、着色、架橋防止のためにホッパー樹脂供給系で、N₂ 中で長時間の加熱乾燥が必要である。フィルム用途にはゲルが発生しやすい問題点もある。

これらの脂肪族環状ポリオレフィン射出分野では図 4 に示すような分野に利用されており¹¹⁾、また他の光学樹脂

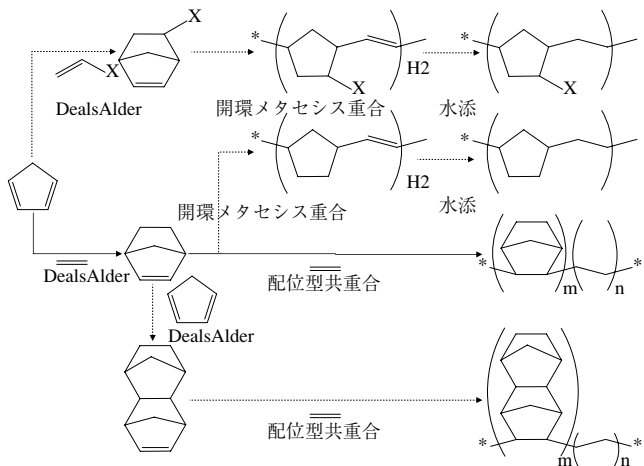


図 2 市販されている脂肪族ポリオレフィン (COP&COC)

との物性比較表を表 1 に示す。

2) ポリカーボネート (PC)

PC の全世界の生産量 230 万 ton/年の内、CD や DVD などの光ディスクに占める割合は約 20%、43 万 ton になっている。

光ディスク研究として、高精細映像記録用 Blu-ray の新システムの基本物性を維持しながら、高密度記録に対応した低複屈折 PC グレードを開発している例もある。

現行の PC 光学射出グレード (Tg 143°C、光弾性係数 $72 \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$) に対し、新規グレード (Tg 146°C、光弾性係数 $46 \times 10^{-12} \text{ Pa}^{-1}$) は、複屈折を半減し、斜め入射も低く抑えられ、吸水率を抑えることにより、ディスク (25 GB/φ 120 mm) のソリで問題になる点も改良した例も発表されている。

溶液キャスト法で成形された PC 光学フィルムは等方性フィルムとしてのプラスチックセル基板、光学保護フィルム、異方性制御フィルムとしての位相差フィルム、光学補償フィルム、1/4 波長板が上市され、特に波長分散制御可能な位相差フィルム WRF は技術開発力を集中した開発品である。この分野もコストダウンを図る目的で、数年前から機械メーカーで溶融押出法によるフィルム成形の検討を進められてきたが、溶液キャスト法から溶融法の本格テストが始められており、将来的には溶融法による PC 光学フィルムの製品を上市する検討に入っている。

通常の PC よりも 50°C 耐熱性が高い Tg 200°C の耐熱 PC フィルムも開発されている。一般に、高耐熱 PC の場合は、溶融温度と分解温度が近くなり、溶融押出が難しい場合が多く、成形は溶液キャスト法を利用するが多い。

拡散板は当初 PC が採用されていたが、ポリスチレン (PS) の採用が大型機種まで進んできている。液晶 TV のコストダウンの要請から LCD パネルの開口度の向上、冷陰極蛍光ランプ (CCFL) 光源の高輝度化、光学設計の見直しにより、ほぼ全ての画面サイズを対象に PS が使用されるようになった。PC については、一部の欧州市場向けの 40 インチクラス以上の TV やインフォメーションディスプレイ用に採用されている。

また、近年、TV メーカーでは壁掛けを可能とする TV

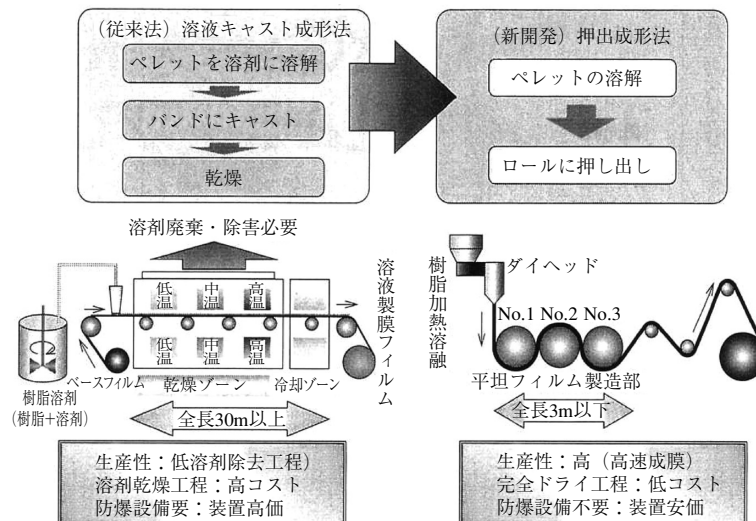


図 3 溶液キャスト法と溶融キャスト法の比較



図4 COPの射出分野への展開

表1 光学用材料の物性比較

	PMMA	PC	COP (Z)	COP (A)	COC
比重	1.19	1.19	1.01	1.08	1.01
飽和吸水率 (%)	2.0	0.4	<0.01	0.2-0.4	<0.01
全光線透過率 (%)	93	90	91	92	90
屈折率	1.49	1.58	1.53	1.51	1.54
アッベ数	58	30	54	57	
複屈折率	<20	<65	<25	<20	<20
Tg (°C)	105	140	140	171	141
熱変形温度 (°C)	93-95	121	123	162	129-136
引張強度 (kg/cm ²)	700	640	643	750	640
Izod 衝撃 (kgcm/cm)	1	12		2	6

開発が活発である。フラグシップ機種を対象に薄型軽量化が図られている。TVの製品肉厚の支配因子となる背面の電気回路の占有スペースのスリム化が最も有効であるが、さらに、バックライトの薄型化にプリズム機能を付与した拡散板の開発が進んでいる。

2年程前から片面にレンチキュラーレンズまたはプリズムパターンが形成された拡散板が実用化されていたが、最近ではさらなる薄型化を図るため、拡散板の表裏面両面にプリズムパターンを形成した拡散板が実用化されている。CCFL光源の高輝度化もこれに加わり、案外バックライトの内部温度の上昇はなく、拡散板への耐熱性の要求はないとの見解もある。

PC以外にも半田耐熱を有する透明性を有した高耐熱ポリイミド (PI) も開発されている。

3) ポリエステル (PET)

PETフィルムは、2006年度においては包装用などの非光学分野119万tonとFPD用の光学分野の使用量81万tonとが近づいてきており、PETの二軸延伸フィルムが幅広く使用されている。プリズムシート、拡散シート、反射

シート、反射防止シート、近赤外遮蔽フィルム、電磁波遮蔽フィルムおよびプロテクトフィルムなど幅広く利用されている。

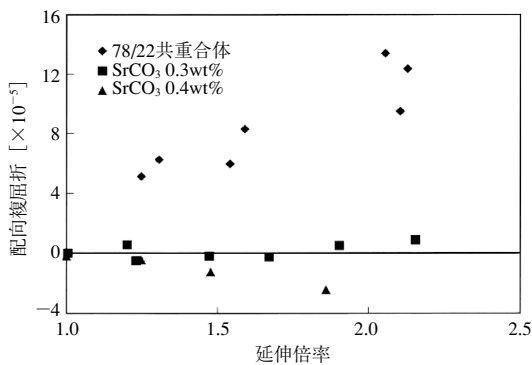
特に、PDPでは反射防止フィルム (AR)、近赤外線吸収フィルム (NIR)、電磁波遮蔽フィルム (EMI) など見易さの向上や電子機器の誤動作防止などの役割を果たしている¹³⁾。

そのための技術としては逐次二軸延伸フィルムの配向均一性、ボーイング低減、キズ・異物の低減、品質検査システムなどが共通して求められる。また、高透明や易接着フィルムなどには三次元の表面粗さ制御のために、微細ファイラーの表面分散技術が求められ、透明性、接着性、すべり性を同時に満足するコーティング工程が入る。

PETフィルムは意外と目立たない分野で使用されているが、その消費量は他の樹脂と比較し、光学材料として非常に多い量が使用されている。

4) 複合化技術 (ゼロ・ゼロ複屈折)

成形加工工程を経て光学部材を成形する場合には、成形時の応力や配向による複屈折性を示すことが一般的である。



SrCO₃添加 (MMA/BzMA=78/22) 共重合体フィルムの配向複屈折
測定波長：633nm, 延伸温度：130℃, 延伸速度：4mm/min.

図5 複屈折ゼロ・ゼロフィルム

そのため、光学材料として使用される場合、光学的な複屈折を生じない材料が求められることが多い。

炭酸ストロンチウムのようなマイナスの複屈折性を示す針状無機結晶をナノ分散させ、正の複屈折性を有するポリマーの複屈折のゼロ化が検討されている^{14)~16)}。これにより、延伸配向しても光学複屈折を示さない材料を開発できることが報告されている(図5)¹⁶⁾。

また、ナノオーダーの光散乱粒子を樹脂内にブレンドすることにより、複雑なバックライトシステムを必要としない導光板の開発が可能であることが紹介されている。

さらに、従来、流動配向と熱応力起因の複屈折を共にゼロにすることは難しかったが、両者を共にゼロにできる重合組成を設計し、PMMAの系で、①二元共重合体+異方性低分子(MMA+トリフルオロメチレート(3FMA)共重合体にトランススチルベン)および②三元共重合体(MMA+3FMA+BzMA)の両方の系で、共に複屈折ゼロ・ゼロを達成したことが報告されている。

2. 成形技術

1) 光学フィルムの溶融押出成形^{17),18)}

機械メーカーは、最近光学フィルム用として、コストダウンおよび環境対策のため、溶液キャスト法から表面平滑性、低複屈折性、良転写性を有する溶融押出法による成形機開発を進めている。

単軸押出機で、押出安定性を保つためバリアタイプスクリーを用い、乾燥、チソパーズ、真空ホッパーなどを採用している。

光学フィルムは2m幅までで、ダイの厚み制御はヒートボルト制御やリップヒータを採用している。キャスト部はエアギャップ管理、サクションチャンバーの採用、シートではバンク管理が重要で、バンク形状の計測によりロール間距離の精密制御、油圧サーボによる隙間制御機構の採用、厚み計測の高速応答などが成形機のポイントである。

フィルムの外観にはリップ先端仕上げが重要で、そのコーナー部の表面粗さRaは30~50 μ mで、通常はクロムメッキだが、タングステンカーバイトの表面仕上げの方が目ヤニや表面荒れ防止にはメリットがあるとの報告もされている。また、コーナー部をシャープエッジにすることがフィルム表面粗さを良好にするため重要であることも報告

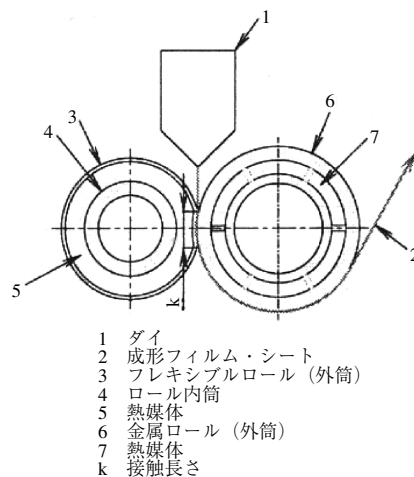


図6 弾性ロール

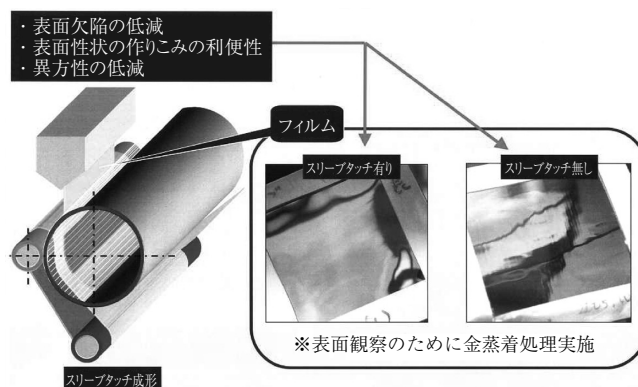


図7 光学用スリープタッチ方式

されている。

キャストロールでは、光学複屈折を極力抑えるため、薄い金属を利用したフレキシブルな弾性ロールの採用により、転写性と複屈折の低減の両方を満足させることが可能である(図6)¹⁸⁾。300 μ m以下のフィルム成形の場合、従来利用していた金属ロールで均一に圧着することは難しく、ロール圧着しないキャスト方式やゴムロールを用いた成形であった。しかし、弾性ロールの採用により、両面の光沢、透明性と低残留歪みの同時効果がある。

PCフィルム90 μ mでリターデーション10nm以下を達成している。表面圧着効果もあるため、ゲルをフィルム内部に閉じ込め、またダイラインの矯正効果もあると報告されている。これらの技術を使用し、光学材料であるCOPやPCへの適用が進んでいる。

金属ベルトを直接溶融樹脂と接触させ、金属の平滑性を利用して光沢を向上させるベルトプロセスやスリープタッチ方式(図7)での成形も同じ目的で、出光ユニテックや三菱重工等で開発が進められている。

また、光の反射、拡散などでのパターンシート成形に関しても検討がなされており、両方のロールに彫刻し、表裏のパターンを合わせるため、ロールを軸方向に移動する技術を採用している。

利用例として考えられるシート・フィルムは、偏光フィルム、位相差フィルム、保護フィルム、拡散フィルム、導

光板, 拡散板, 前面板, レンチキュラーシート, プリズムシート, 再帰性反射シート等が挙げられる。

2) フィルム延伸技術

溶融押出成形法と延伸技術を利用した位相差フィルムの開発も行われている。位相差フィルムの技術の中核は、押出機内での劣化防止、ダイラインの防止、偏肉精度の向上、ボーイングの低減から成り立っている。押出機内での劣化防止は酸素の混入防止と押出機の飢餓フィード、ダイラインの防止にはダイ先端の処理、偏肉精度向上は偏肉の制御機構と延伸時のS-S曲線において右肩上がりパターンを示す温度領域での延伸温度設定、ボーイングは予熱、延伸工程の温度を高めに設定し熱処理工程を低めに設定し、延伸終了時のラインを一直線にする工夫によって、低減している。位相差の複屈折を所定の値にできるように、縦および横延伸倍率を設定するが、通常の延伸よりも低い1.5~2.0倍に設定されている¹⁹⁾。

斜め配向制御フィルムとして、0~45度まで自由に配向軸を制御できるフィルムの製造も可能になってきている。そのため、45度傾斜したフィルムが製造可能で、ロールツーロールで、配向軸が傾斜した偏光フィルムが製造可能である。斜め延伸の技術を偏光フィルムに最初に適用したものと推定される。

PET二軸延伸フィルムやポリオレフィンの溶融押出によるプロテクトフィルムが開発されてきたが、最近では共押出の二軸延伸PPフィルム(BOPP)によるプロテクトフィルムへの展開も行われている。今まで、偏光フィルムやTACなどのプロテクトフィルムはPETの二軸延伸であったが、この分野で耐熱性が要求されない用途において適用が可能かもしれない。テンター法の二軸延伸で、片側の接着層が表面となるタイプで、経時収縮率は80℃、15分で1%以下に抑えた熱処理が行われる場合もある。

3) 超臨界発泡

超臨界発泡の反射板への展開として、マイクロセルラー(MC)が電飾看板、照明およびLCDディスプレイ用反射板として展開されている。反射率を上げるためには発泡径を1 μm 程度まで小さくすることが好ましく、溶融状態での発泡では発泡径が大きくなりやすいため、固体状態でのバッチ発泡が行われている(図8)²⁰⁾。PETのシートを成

形し、巻き取り後、固体状態でCO₂を基材へ浸透させる際、浸透を促進させるため、エントレーナー効果を期待し、シートをアセトンに浸析することを行っていたが、溶剤を除去する工程が煩雑になるため、アセトンでの浸漬は行わない方法も取られている。この場合はCO₂浸透時間が長い。

MC-PETは400~700nmの可視光反射率が非常に高く、550nmで99%であり、かつ波長依存性も小さいため、光の反射板による色の変化が小さいなどのメリットがある。発泡径は数~数十 μm 、厚さは0.8~1mm、最大幅1000mmの製品に、バッチ式プロセスの連続自動化したプロセスが採用されている。

一方、TVメーカーからは、連続押出プロセスでの超臨界発泡押出成形反射シートの製造によるコストダウンが要望されている。

3. 二次加工, 微細技術, 塗膜

1) 微細転写技術

薄型ディスプレイやバイオチップに応用可能な超微細転写の新成形技術として、超精密表面転写技術は液晶ディスプレイなどの表示材料、光学・電子部品やバイオチップの成形に必須の技術であり、近年サイズの超微細化や三次元形状の転写精度が益々重要になってきている。そのため、熱可塑性樹脂を、高透明、低残留応力かつ商業ベースの生産速度で成形可能な超微細転写技術を構築する必要があった。

従来、射出成形やナノインプリント技術が知られているが、前者は金型からの冷却による超微細転写性の困難さや残留応力の発生による光学不均一性などの問題があり、後者は相対的に長いサイクルタイムと高圧力での成形が必要である。

これらの問題を解決するために、各社いろいろな微細転写法が開発されているが、例えば、“Melt-Transcription Process”と命名された新規成形法は、押出機およびフラットダイ全体を移動し、ダイから押出されたフラットな溶融樹脂をあらかじめ作成した超微細表面形状を有した金属面にコーティングした後、比較的小さな圧力(10MPa)以下で溶融樹脂の上部から圧縮し、冷却固化することにより、三次元形状を精度良く転写することができるという技術が文献の中で詳細に記載されている(図9)²¹⁾。

押出後、溶融物のコーティング、圧縮工程、冷却・離型の工程から成り立っており、バイオチップ形状では60を超える多数の径 ϕ 21 μm 、高さ50.5 μm を有する円柱形状も精度良く転写可能であると記載されている。

2) 光散乱微粒子含有導光板

プラスチック光学素子の加工分野では、慶応の小池教授グループが提案した光散乱微粒子を利用した導光板の原理を利用し、ノートPCや携帯電話分野への展開が報告されている²²⁾。光散乱粒子1%以下のわずかな量をPMMAの導光板に分散させることにより、透明性を悪化させずに、光の散乱を制御できる。これにより、輝度10~40%の向上が期待できること、プリズムシートを一枚削減できることがメリットとして挙げられる(図10)。輝度は向上できるが、輝度ムラは拡散板、プリズムシートを追加した系の

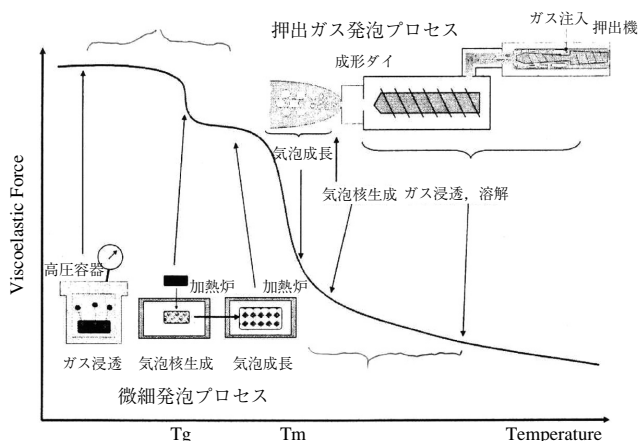


図8 樹脂の粘弾性からみた微細発泡プロセスと押出発泡プロセスの比較

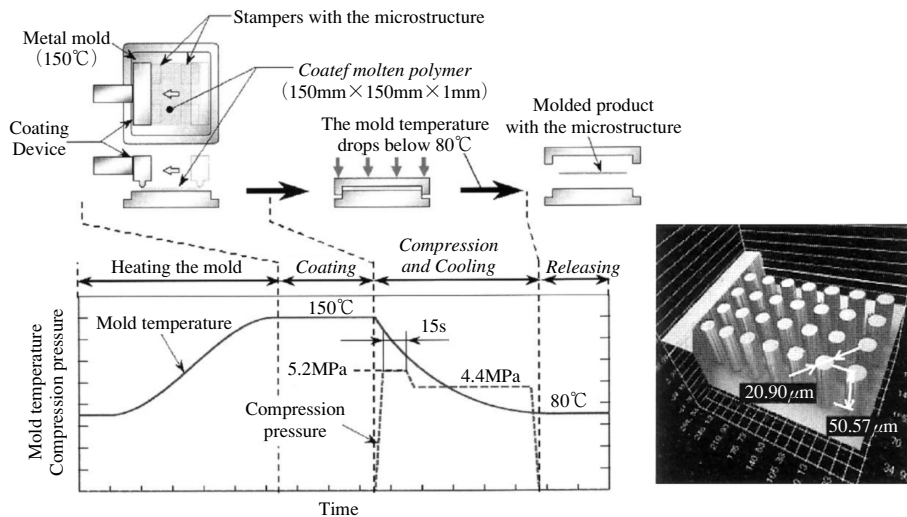


図9 微細転写技術

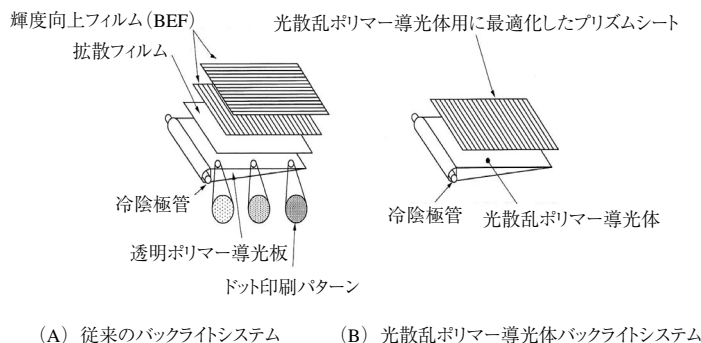


図10 LCD用エッジライト型バックライトシステム

方が均一化はしやすいようである。

3) バリア性向上フィルム

フレキシブルディスプレイ用透明導電性フィルムに関して、バリア性向上フィルムが検討されている。IZOは、非晶質薄膜が形成可能なため、エッチング特性、低温製膜に由来する寸法安定性に優れる。IZOと耐熱PCとを組み合わせることにより、耐熱、熱収縮の低減、寸法精度をもった優れたバリア透明導電性フィルム、有機薄膜半導体基材、有機EL用基材等が製造可能であると報告されている。

一般に使用されているITOよりも、結晶化温度が300°Cと高いIZOが結晶化の応力発生を抑えることができ、品質上大きなメリットがある。

ディスプレイを巻いて持ち運ぶ、あるいは電子ペーパー用として手軽に持ち運ぶことが可能なディスプレイの開発が期待されている。そのディスプレイの一つとして、コンパクトタイプの有機EL用フレキシブル基板がある。その実現のために重要なバリアフィルムの開発が必要である。

現在、耐熱性、水蒸気透過性、SiO_x膜との密着性などの観点から考えると、ポリエーテルサルフォン (PES) が可能性が一番高いとの観点から検討されている。水蒸気透過率 10⁻⁴ g/m²/day レベルの目標は達成した。有機EL素材は水分に非常に弱い、その水分による欠陥点であるダークスポットの発生は製膜時に発生する小さな欠陥点が時間とともに拡大しており、その他の箇所からのダークスポットは発生しない。

プラズマCDV法による酸化珪素膜 (PES/SiO_x) の試作において、SiO_x 200 nm で 2.8 × 10⁻⁴ g/m²/day のレベルを達成し、得られた有機ELフィルムは均一な発光および良好なフレキシビリティを示したことが報告されている。フレキシブル有機ELの構造はAl/陰極(Ca+Ag)/有機EL層/陽極/バリアフィルムで構成されている²³⁾。

今後はバリアフィルムの耐久性、さらなるバリア性能の向上(化学構造、形態、結晶性、層間密着性、基材、成膜プロセス)に関して、実用化に向け継続検討されている。

4) 薄膜製膜技術

タッチパネルの上部および下部電極にガラスが用いられてきたが、モバイル機器に使用されることが多く、壊れ易く重いという問題点からフィルム基材に移行する傾向が見られる。

また、現在タッチパネル用のITOフィルムはPETが使用されることが多く、クリーンルーム内で透明電極はスパッタリング装置で薄膜製膜するのが通常のプロセスである。ITO膜は環境信頼性、筆記摺動性が要求され、結晶性タイプが一般に良好である。ITOフィルムの改良事項は透過率の向上(PET/高屈折率層/低屈折率層/ITO)、耐指紋対策(表面凹凸の制御)などである²⁴⁾。

4. 解析技術

1) 光学材料の光学特性の予測技術

光学材料の分子構造から透明性、屈折率、アッペ数など

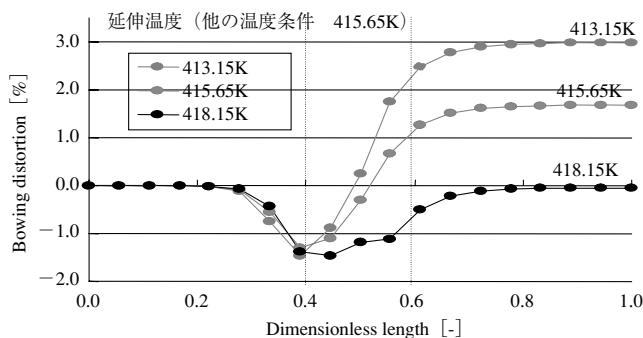


図 11 延伸温度とボーイング量の関係

光学的な物性値を予測でき、また高透明化の分子設計ができるシステムが報告されている。この予測技術は COC や COP の置換基の違いによる光学特性の変化、PC や PMMA などの置換基や共重合などが変化した場合の光学特性値を予測できる²⁵⁾。光学物性値から逆に化学構造を推算するシステムの構築も要望されている。

2) 光学部材の光学均一性を予測する解析技術

光学フィルムは延伸工程を経て成形される場合が多い。そのため、3 軸方向の位相差の値や幅方向での光軸が弓形になり不均一になるボーイング現象の予測とその対策が、部材の品質や歩留まりを高めるために、重要である。

そのため、フィルム成形過程での変形、応力解析を行うことにより、光学材料を利用して製造工程で生じる光学部材の光学均一性を予測する解析技術が報告されている(図 11)²⁶⁾。

3) 光学設計

導光板、プリズムシートや偏光フィルム、視野拡大フィルム (WV フィルム)、光ファイバー、光学基板などの開発には光学材料の特性、部材の形状による光の進む方向の予測技術が重要である。そのため、光学シミュレーション技術が開発されている。

5. 製品化技術

1) LCD 用部材

・液晶

液晶として改善に取り組んでいるテーマとしては、高輝度、高コントラスト化、高応答性、高視野角などである。コントラスト比は理論上、さらに 10 倍向上できるはずだが、偏光板等で損失が大きい。高応答性は液晶の粘度が大きく影響し、低粘度化の検討を実施している。製品化としては、LCD の薄型・軽量化の検討を行う一方、PDP と同様、大型化が可能になってきている²⁷⁾。家電メーカー各社は、TV 用のバックライトシステムとしてまだ LED の品質に問題があるが、将来的には LED 化が進むと予想している。

・プリズムシート

プリズムシートで LCD における高輝度化技術と輝度上昇フィルムを利用した光制御技術が紹介されている。光の性質を深く理解すると無限の可能性を発現させることが可能である。光の制御の観点から、多くの特許が出願されている。

プリズム用の表面の高精密成形、表面形状の処理だけで綺麗な色の発色法、光の干渉を応用した厚み $\lambda/4$ の積層

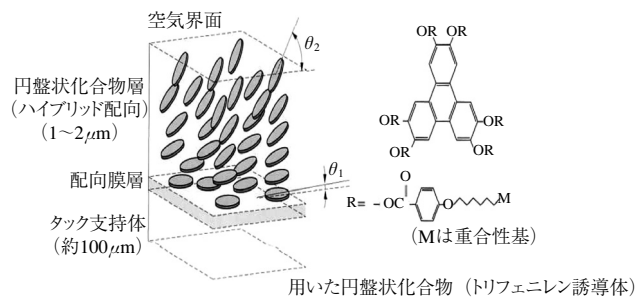


図 12 WV の構造

膜による光の反射率の向上、多層光学フィルムによる光学パイプや可視光反射ミラー等、光の原理を幅広く活用した開発商品の事例が紹介されている²⁸⁾。

・視野拡大・位相差フィルム

視野拡大フィルム (WV) はディスコタクティックな液晶を TAC フィルムに積層する (図 12)²⁹⁾。最近では偏光板の一体化や視野拡大などの改良、LCD コーナー部の光の漏れ現象の額縁問題の解消のためのフィルム厚みの削減などで、低コスト、高性能化を達成している。

更なる改良として、TAC フィルムの複屈折の制御を目的に、屈折率異方性を有する無機物などの添加剤を添加し、屈折率を自由に制御する研究を行っている。偏光保護フィルム、WV、AR フィルムとしての TAC フィルムは溶液流延法で成形されているが、コストおよび環境問題の観点から、製造設備の改造も必要とされている。

LCD 用位相差フィルムのイノベーションとして、熔融押出法により原反を製造し、その後テンターの二軸延伸法により屈折率楕円体を制御している。2 m 20 cm 程度の幅に対して、光学均一性を得るため、両側 30 cm ずつ以上はカットされる。

TAC/PVA/COP の系で、TAC フィルムの層を 1 枚削減でき、かつ位相差機能と高視野角 WV の機能を付与できる。ただし、TAC/PVA/COP の親水性の違いによるソリ問題の解決は表面処理技術により対応している。

光学均一性の観点から、ボーイング現象の低減は歩留まり向上に重要である。

TV 用途などに WV 機能を持たせた VA、IPS 液晶用の位相差フィルムが紹介されている。COP の置換基に COOCH_3 を有する樹脂を利用し、高視野角高速対応可能な TV、PC 用位相差フィルムを 3 次元的な屈折率制御により達成している。

今後、低光弾性率を有し、かつ高配向材料が益々重要になってきており、材料メーカーとの共同開発も重要になってきている。位相差フィルムの屈折率楕円体としては、 $n_x > n_z > n_y$ (x: MD, y: TD, z: ND) になるように制御されている³⁰⁾。延伸とシュリンク性の両方を活用することにより達成できる可能性がある。

・新規偏光板

ガラス基板上、もしくは樹脂基板上に、100~150 nm ピッチで Al グリッド (線) を並べた偏光板が実用化されている。半導体製造技術、ナノインプリント技術を応用し量産を行っているが、大型化が課題である³¹⁾。

2) プラズマ TV

PDP 光学フィルターに要求される性能は、EMI シールド、近赤外波長領域のカット、反射光を抑え高透明性を有することだが、これらを満足するには色素や多層コーティング技術が必要である³²⁾。今まではガラス基板の上に、多層コーティングしている。大型のプラズマ TV ではガラスの重さだけでも 25 kg になることがあり、重くて一人では持ち運べない重量に達し、今後プラスチック基板を活用した光学フィルターの開発も行われている。

3) 有機 EL

ソニーの有機 EL の 11 インチ TV が上市され、最近では有機 EL パネルが厚さ 0.3 mm に薄肉化した TV も開発され、発売が予定されている。ソニー独自の消費電力の低減、高輝度化、色再現性、高コントラストを達成した Super Top Emission (STE) 方式で、高輝度で高寿命化が達成し、TV への適用に結びつけた。27 インチの試作品を作成し、主な仕様を決定し、現在、TV の上市に向け注力している³³⁾。

有機 EL のディスプレイ・照明用途への最新技術動向も見逃せない。低消費電力、高輝度、部材の削減可能、超薄型軽量化可能などの特徴を生かした将来ディスプレイや面光源の特性を生かした照明分野に、広く活用できる非常に高いポテンシャルを持っている。当初は小型分野から将来は大型 TV までをターゲットにしている。フレキシブル分野も有機 EL の特徴を生かした分野である。

具体的な用途として、例えば携帯電話、自動車用ディスプレイ、デジカメ、TV などの適用例が挙げられる。有機 EL の材料は低分子材料が主流になってきており、また蛍光から燐光へと移ってきている。

また、韓国など海外での研究も急速に進んできており、日本連合の研究を行うことが非常に重要である。

4) 電子ペーパー

ブリヂストン³⁴⁾、E-INK、富士通が電子ペーパーで進んでいる。電子ペーパーは新聞、書籍、電車内やデパートの広告、駅の時刻表や電子カードなど幅広い用途が考えられており、LCD ほど鮮明ではないが、カラー表示も可能で、表示の精細さが大幅に向上し、白黒表示では紙に印刷されたものか、電子ペーパーなのか、わからないレベルになってきている。電源を切ってもそのまま表示が残るため、必要とされる消費電力が低く、かつ現在の紙の新聞を読んでいるのと同じレベルの表示が可能で、大型の薄いディスプレイが可能となっており、目も疲れにくい。

将来、朝スイッチを押せば、その日の最新のニュースが電子配信され、新聞を読むという可能性がある。

6. 全体の流れと今後

現在、液晶 TV の生産台数は急増しており、各国でアナログからデジタル化への移行が進んでいる。液晶 TV は、従来大型には弱いと言われていたが、37 インチ以上の大型 TV の分野でもプラズマ TV の生産量を抜き、フラットパネルの液晶 TV の生産量が急増している。それと同時に、多くの企業がこの分野に参入してきたため、液晶パネルメーカーも大規模化によるコストダウンを行い、価格が大幅に下落している。

そのような状況下、コスト競争が激化している。液晶に使用される部材の枚数の削減と製造コストの削減が大きな課題であり、導光板、反射板、高輝度プリズムシート部材メーカーは量が増えても利益率は大きく落ち込んでいる。

プリズムシートの枚数を削減できる研究も広く行なわれるようになってきており、その一つは微粒子を用いた光散乱導光板であり、プリズム転写一体型導光板もその一つである。また、TAC フィルムも大手 2 社の独占状況であるが、位相差フィルムの COP 化が進み、TAC の必要枚数の削減化も同じ流れである。

そのため、低コスト材へのシフト、光学設計による機能の統合化（光散乱導光板、WV 機能付き位相差フィルムのロールツーロール化）プロセスの低コスト化（溶液法→溶液法）が進んでいる。

携帯電話も、当初、重く肩にかけていた時代があったが、今では軽くて便利で高機能であることから、固定電話を超える台数となった。電池の小型・軽量化などの改良と共に、LED やバックライト部材や液晶部材などの開発により、我々の生活に広く普及しコミュニケーションの取り方を大幅に変化させるまでになっている。

光技術とそれを取り巻くプラスチック素材は、光ファイバー、液晶ディスプレイ部材、光学レンズやプリズム、LED 用封止材・光学部品、CD や DVD 基板など、この 10 年間で大きく発展してきたと言える。それを支える技術として、光学部材の設計と開発、素材開発と素材同士の組合せ、素材を十分に生かすための成形加工技術や微細転写技術が必要である。

例えば、光学材料面から言えば、従来からあった非晶性高透明樹脂に加え、光学分野で急速に利用が広がりつつある脂肪族ポリオレフィン樹脂の利用や従来からあったポリマーも精密な光学設計により置換基を工夫したり、A/B の複合化技術で、複屈折をゼロにする工夫もなされている。

素材をフルに活用するという立場から、光学的に屈折率に傾斜をつけた GI 光ファイバーによる高機能化やナノオーダーで転写性を制御する技術開発も活発に進められている。また、光学制御という観点から LCD の実用化に関して大きな影響を与える技術として、偏光技術や高視野角制御などの技術は製膜、延伸技術やコーティング技術をうまく応用した例であると言える。また、同時に光学設計や光のシミュレーション技術、それを生み出す製膜シミュレーション技術も進化している。

レンズ³⁵⁾に関しても、屈折率やアッベ数制御という面ではポリマー構造のデザイン設計や表面形状、寸法精度制御技術が、携帯電話、複写機やプリンターなどの OA 機器、デジカメなどの進展と共に、大幅に向上したと言える。このような応用展開できた技術の裏側には、屈折率と低分散性のバランス、高透明化、低吸湿、光学均一性、精密成形技術開発があり、プラスチックの特徴である軽量で、形状賦型と量産が可能なメリットを生かした理にかなった応用展開ができたといえる。導光板、プリズムシートの形状や反射板などにおいても、これらの技術や光のシミュレーション技術が活用されている。携帯電話にもプラスチックレンズの高精度なレンズが低価格で大量に利用されるようになり、いつでもどこでも写真を簡単に取れるようになって

たのも、材料開発や精密加工技術のお陰だと思っている。

素材、複合化技術、精密加工技術、微細転写技術や印刷技術が確立されて初めて我々が良く見る製品に仕上げられているが、これらの技術はもともと日本が得意とする技術であったし、技術立国日本の地位を維持するには今後も常にリードしていく必要がある。

今後、環境対応としての省エネルギー、CO₂排出抑制の技術が重要な位置づけとなっており、LEDの照明・バックライト、LCDの部材統合化、電子ペーパー、有機ELディスプレイ・照明、高効率・薄膜軽量化太陽電池、電気自動車やプラグインハイブリッド車用電池やコンデンサーなど、日本が先行している技術に磨きをかけ、更なる発展が期待される。

そのためには、我々は次世代に何の技術が必要であるかを考え、またそれを達成するための設計、基盤技術、素材の合成技術、超精密加工技術と成形・光学設計CAE技術を磨き上げていく努力が必要と感じている。

参 考 文 献

- 1) 「液晶ディスプレイ用光学材料・光学部品」, プラスチック成形加工学会第82回講演会(2005年2月18日東京開催)
- 2) 「フラットパネル用光学材料・光学部品」, プラスチック成形加工学会第86回講演会(2005年9月16日東京開催)
- 3) 「フラットパネル用材料・成形・加工」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006年11月9日大阪開催)
- 4) 「フラットパネル用素材・フィルム・成形加工・機能化技術」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007年10月18日東京開催)
- 5) 第18回プラスチック成形加工学会年次大会企画セッション要旨集(2007年6月8日)
- 6) 小池康博, 山田敏郎, 酒井浩司, 安藤真治ら: 成形加工, **20**(3), 144(2008)
- 7) 小宮全: 「環状ポリオレフィンポリマーの光学用途への展開」, プラスチック成形加工学会第82回講演会(2005)
- 8) 渋谷篤: 「環状オレフィンコポリマーの光学用途への展開」, プラスチック成形加工学会第82回講演会(2005)
- 9) 荒川公平: 「LCD用位相差フィルムのイノベーションと今後の動向」, プラスチック成形加工学会第86回講演会(2005)
- 10) 金井裕之: 「環状ポリオレフィンコポリマー(COC)の特性と用途」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006)
- 11) 大島正義: 高分子学会編 ポリマーフロンティア 21シリーズ, シクロオレフィンポリマー系オプティカルポリマー(2003年12月11日発行)
- 12) 花田亨: 「フレキシブルディスプレイ用透明導電性フィルム」, プラスチック成形加工学会第86回講演会(2005)
- 13) 鈴木利武: 「高性能・多機能二軸延伸PETフィルムの光学ディスプレイへの応用展開」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 14) 小池康博, 多加谷明広: 「ナノ粒子添加ゼロ複屈折性光学ポリマーと光散乱ポリマーの新展開」, プラスチック成形加工学会第86回講演会(2005)
- 15) 多加谷明広, 小池康博: 成形加工, **20**(3), 144(2008)
- 16) 小池康博, 多加谷明広: 「オプティカルポリマー材料の開発・応用技術」 高分子学会編 ポリマーフロンティア 21シリーズ(2003年12月11日発行)
- 17) 水沼巧治: 「光学用シート・フィルム成形機の開発」, プラスチック成形加工学会第86回講演会(2005)
- 18) 古橋善男: 「光学フィルム押出成形」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006)
- 19) 宮城孝一: 「LCD用位相差フィルムのイノベーションと今後の動向」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 20) 伊藤正康: 「微細PET発泡体の開発とLCD用高反射板への展開」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006)
- 21) 焼本数利: 薄型ディスプレイやバイオチップに応用可能な超微細転写の新成形技術, *Intern. Polymer Process*, **22**, 155-165(2007)
- 22) 加藤秀昭: 「プラスチック光学素子の加工について」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006)
- 23) 小森常範: 「フレキシブルディスプレイ向けバリア基材」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006)
- 24) 稲守忠広: 「タッチパネル用ITOフィルム」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 25) 谷尾宣久: 「光学ポリマー 高透明化のための分子設計・高次構造制御」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 26) 山田敏郎: 成形加工, **20**(3), 150(2008)
- 27) 山田祐一郎: 「液晶ディスプレイの現状と今後の展望」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 28) 佐野興一: 「LCDにおける高輝度化技術と輝度上昇フィルムの開発」, プラスチック成形加工学会第94回講演会(2006)
- 29) 西浦陽介: 「LCD用視野角大フィルム」, プラスチック成形加工学会第82回講演会(2005)
- 30) 吉見裕之: 「液晶ディスプレイ用光学フィルム」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 31) 旭化成, NIKKEI MICRODEVICES, **12**, 156(2005)
- 32) 福田伸: 「PDP用光学フィルムターの機能と設計」, プラスチック成形加工学会第86回講演会(2005)
- 33) 帯川崇: 「有機ELディスプレイのTVへの応用展開」, プラスチック成形加工学会第101回講演会(2007)
- 34) 田沼逸夫: 高分子学会第42回プラスチックフィルム研究会講座要旨, p 1-4(2008)
- 35) 酒井浩司: 成形加工, **20**(3), 163(2008)
- 36) 安藤慎治ら: 成形加工, **20**(3), 170(2008)