

フレキシブルディスプレイ用透明プラスチック基板材料の開発

四日市研究所 新規分野 光学材料グループ

小原 直人
渡部 善全
牧田 健一
藤井 靖芳
岡田 久則
土井 亨

1. はじめに

近年、液晶ディスプレイ（LCD）に代表される薄型ディスプレイ（FPD）の市場が急速に拡大している。液晶ディスプレイは、図1に示すように、表示パネルの基材としてガラス基板が用いられているが、さらに薄型化、軽量化、フレキシブル化、ロールトゥロールプロセスによる加工コストの低減を目指し、プラスチック基板を用いたフレキシブルディスプレイの開発が行われている。¹⁻²⁾

現状のプラスチック材料において、ポリエーテルサルホン（PES）は、高い耐熱性を持つ透明プラスチック材料として知られており、フレキシブルディスプレイ用プラスチック基板に用いた開発例がある。^{2-5,7)}しかしながら、PESフィルムは、光学特性と耐熱性に劣るため、さらに優れた光学特性と耐熱性を持つ材料が望まれている。

ディスプレイは明るさ、鮮明さが要求されることからプラスチック基板の全光線透過率は90%以上、位相差は5nm以下が必要となる。また、薄膜トランジスタ（TFT）形成プロセスに必要な温度200℃以上でプラスチック基板の変形、着色がないことが要求される。これら要求特性を現行の低位相差、高耐熱ポリマー材料と比較し、設定したプラスチック基板材料の開発タ

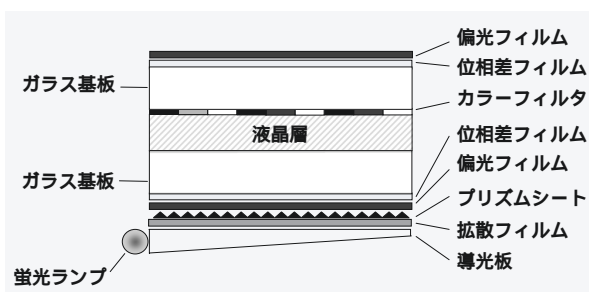


図1 液晶ディスプレイの構造

ーゲットを図2に示す。

開発ターゲットの光学特性と耐熱性に適合するポリマー材料として、我々は優れた光学特性と耐熱性を持つフレキシブルディスプレイ用透明プラスチック基板材料（開発名：OPS）を開発した。^{6,8)}本資料では、OPSの特性について紹介する。

2. OPSの特性

プラスチック基板材料への要求特性は、光学特性と耐熱性だけでなく、フィルム形成時の加工特性、ハンドリング性、フィルム上へのデバイス加工特性、環境特性など様々な要求性能がある。これら要求性能への適合性を評価するために、OPSをフィルム形状に加工して評価を行うとともに、OPSフィルムの両面にハードコートを塗布した両面ハードコートフィルムの評価を行った。さらに、プラスチック基板は、表示材料を保護するためのガスバリア特性が要求されることから、ガスバリア膜を積層した両面ハードコートフィルムを作製して評価を行った。

2-1. OPSフィルムの特性

OPSのフィルム特性を評価するために、図3に示すロールフィルムを作製した。ロールフィルムは幅

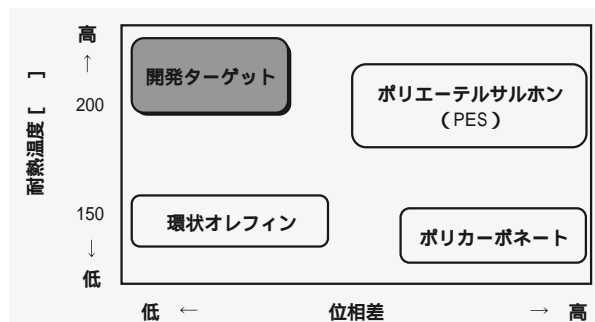


図2 プラスチック基板材料の開発ターゲットの位置づけ

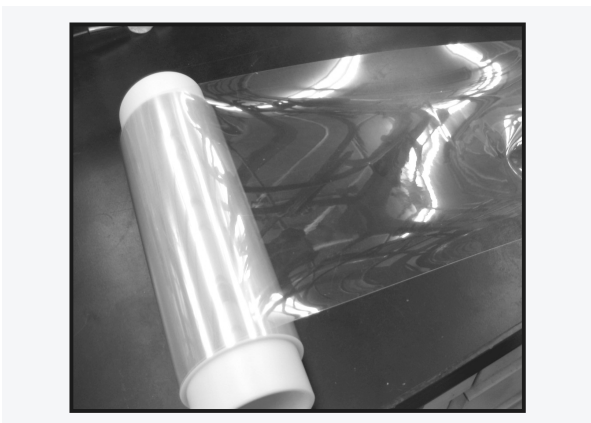


図3 OPSロールフィルム

230mm、フィルム厚 $115 \pm 3 \mu\text{m}$ である。

[1] 光学特性

OPSフィルムの光学特性を表1に示す。OPSフィルムは、全光線透過率93%、位相差1nm以下で、代表的なプラスチック基板材料であるPESフィルムと比較し、優れた光学特性を有している。

ディスプレイにおける視認性は、明るさに比例する。高い全光線透過率を有する材料をディスプレイに用いることは、光のロスを少なくすることができるため、ディスプレイの視認性向上に繋がる。ここで測定している全光線透過率は、可視光線を用い入射光量とOPSフィルムを通った全光量の比を百分率で表す。しかし、ディスプレイとしての光線透過率は、全光線透過率ではなく、ディスプレイの表示色に対応する波長の光線透過率が重要となる。

図4にOPSフィルム及びPESフィルムの光線透過率の波長依存性を示す。OPSフィルムは、波長380~780nmの全可視光領域において光線透過率が90%以上あり、PESフィルムと比較して光線透過率に優れる。

ディスプレイは、画像が鮮明でにじみのない画面が要求される。画像の鮮明さは、初期状態だけでなく実際に使用している環境条件によって左右されるため、環境特性により光学特性に変化が生じないような材料

表1 OPSフィルムの光学特性

項目	単位	OPSフィルム	PESフィルム
全光線透過率	%	93	89
ヘーズ	%	0.4	0.6
黄色度		2.7	4.2
屈折率		1.47	1.66
位相差	nm	1	12
光弾性係数	$\times 10^{12}\text{Pa}^{-1}$	5	82

が必要となる。環境変化により問題となるのは、膨張や収縮によって発生する応力である。

位相差はフィルム厚に応じた複屈折を表し、位相差が小さいほど画像は鮮明となる。また、光弾性係数は、複屈折の生じやすさを表し、光弾性係数が小さいほど外部応力により生じる複屈折が小さい材料といえる。複屈折、位相差及び光弾性係数は下記関係式により計算される。ここで Re は位相差、 n は複屈折、 d はフィルム厚、 C は光弾性係数、 σ は応力をそれぞれ示す。

$$Re = n \times d \quad \dots (1)$$

$$C = n / \sigma \quad \dots (2)$$

図5にOPSフィルム及びPESフィルムに応力をかけた場合の位相差の変化を示す。OPSフィルムは、応力に対し位相差の変化がほとんど見られないが、PESフィルムは応力に従い位相差が変化する。

OPSフィルムは、光学特性に優れた材料であることが大きな特徴である。

[2] 物理特性

OPSフィルムの物理特性を表2に示す。OPSフィルムは、ガラス転移温度がなく分解温度は250以上である。また、耐熱安定性の評価は、220で行い、こ

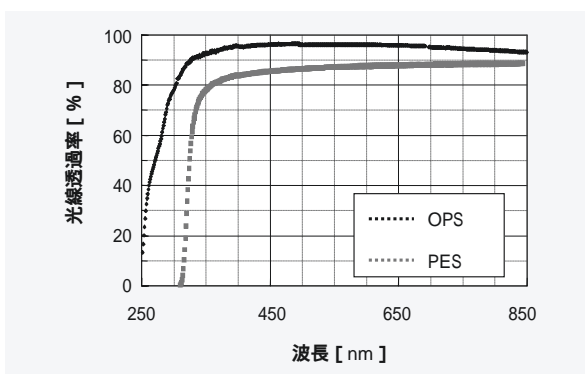


図4 光線透過率の波長依存性

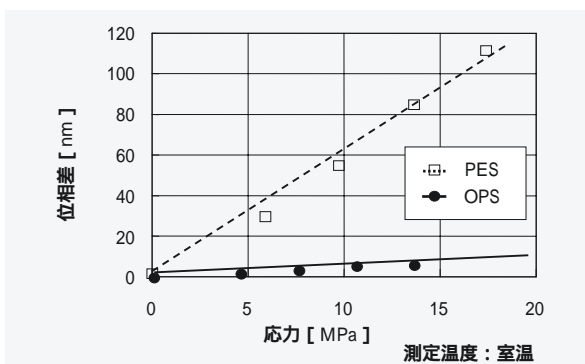


図5 複屈折の応力依存性

の温度環境におけるOPSフィルムの着色、変形は認められなかった。寸法変化率は、室温で測定したフィルムの寸法と220 に加熱後、室温に戻して測定した時の寸法の比を変化率とした。OPSフィルムの寸法変化率は、0.04%と小さくTFT形成に際し十分なマージンを持つことが予測される。

OPSフィルムの材料物性を現す引張強度、ヤング率、破断伸びは、PESフィルムよりやや劣るが、問題なく使用可能な特性である。また、OPSフィルムの吸水率は、十分に低いことから、水分によるフィルムの変形が少ないことが予測される。

OPSフィルムは、耐熱性に優れた材料であることが大きな特徴である。

2 - 2 . 両面ハードコートOPSフィルムの特性

OPSフィルムは、表面硬度が低く、耐摩耗性がないためフィルム加工時に傷がつく可能性が高い。また、耐薬品性も乏しく、TFT形成プロセスにおいてフィルム表面が変形することが予測される。このため、OPSフィルムの両面にハードコート剤を塗布することで、両面ハードコートOPSフィルムを作製し、表面硬度、耐摩耗性及び耐薬品性の向上を図った。両面ハードコ

表2 OPSフィルムの物理特性

項目	単位	OPSフィルム	PESフィルム
ガラス転移温度		>250	220
耐熱安定性(220)		変化なし	変形
寸法変化率(220)	%	0.04	-
引張強度	MPa	50	72
ヤング率	GPa	2.4	2.4
破断伸び	%	5	6
比重	g/cm ³	1.13	1.37
吸水率	%	0.3	1.8

ートOPSフィルムの特性を表3に示す。

両面ハードコートOPSフィルムは、光学特性はOPSフィルムと同等であり、表面硬度は2BからHに向上、耐摩耗性も良好であり、加工時の傷耐性としては十分な特性である。また、耐薬品性はメチルエチルケトン、トルエン、酸、アルカリの各薬品を用いて浸漬試験を行い、耐性があることを確認した。さらに、OPSフィルムの両面にハードコートを塗布することで、220 加熱前後での寸法変化率も向上し、プラスチック基板用基材として良好な特性を有している。

2 - 3 . ガスバリア膜を積層した両面ハードコートOPSフィルムの特性

フレキシブルディスプレイに用いるプラスチック基板は、表示材料の水分による劣化あるいは酸素による劣化を防止するため、バリア性を求められる。このため、ベースとなるフィルムに有機膜および/または無機膜によるガスバリア膜を積層する手法により、バリア性の向上を図った。ガスバリア膜は、無機膜をスパッタ法により両面ハードコートOPSフィルムの両面に積層することにより作製した。ガスバリア膜を積層した両面ハードコートOPSフィルムの特性を表4に示す。

ガスバリア膜を積層した両面ハードコートOPSフィルムは、光学特性はOPSフィルムと同等でありながら、OPSフィルムに対して大幅に酸素透過率と透湿度が向上している。さらに、220 加熱前後の寸法変化率も0.01%に向上していることを確認した。ガスバリア膜を積層した両面ハードコートOPSフィルムは、光学特性、酸素透過率、透湿度、寸法安定性の各項目で安定した特性を有していることから、OPSはフレキシブルディスプレイ用透明プラスチック基板材料として優れた材料であるといえる。

表3 両面ハードコートOPSフィルムの特性

項目	単位	両面ハードコートOPSフィルム	OPSフィルム
全光線透過率	%	92	93
ヘーズ	%	0.4	0.4
黄色度		3.4	2.7
位相差	nm	1	1
寸法変化率(220)	%	0.01~0.03	0.04
耐摩耗性(スチールウール)		変化なし	磨耗痕あり
鉛筆硬度		H	2B
耐薬品性	メチルエチルケトン	変化なし	溶解
	トルエン	変化なし	溶解
	酸	変化なし	-
	アルカリ	変化なし	-

表4 ガスバリア膜積層両面ハードコートOPSフィルムの特長

項目	単位	ガスバリア膜積層 両面ハードコート OPSフィルム	OPSフィルム
全光線透過率	%	92	93
ヘーズ	%	0.4	0.4
位相差	nm	1	1
酸素透過係数	mol・m/(m ² ・s・Pa)	<5.8 × 10 ⁻¹⁹	1.2 × 10 ⁻¹⁵
透湿度	g/m ² ・24hr	<1	136
寸法変化率(220)	%	0.01	0.04

3. まとめ

フレキシブルディスプレイ用透明プラスチック基板材料（開発名：OPS）は、当社独自の新しい透明プラスチックであり、優れた光学特性、高耐熱性等の特徴を有する材料である。本材料は現在開発段階の材料であるが、フィルムとしての特性、両面ハードコート塗布後のフィルムの特性、ガスバリア膜を積層した両面ハードコートフィルムの特性をそれぞれ評価し、フレキシブルディスプレイ用透明プラスチック基板材料として十分な特性を有していることを確認している。今後、液晶ディスプレイだけでなく、電子ペーパー、有機ELなど様々なフレキシブルディスプレイに対して幅広く使用されてゆくことを期待している。

引用文献

- 1) C. E. Forbes, A. Gelbman, C. Turner, H. Gleskova, S. Wagner, SID 02 Digest, 1200-1203 (2002)
- 2) Y. Okada, A. Ban, M. Okamoto, W. Oka, Y. Matsuda, S. Shibahara, SID 02 Digest, 1204-1207 (2002)
- 3) H. Nishiki, T. Okabe, K. Nakamura, K. Yamada, M. Okamoto, IDW 03, 307-310 (2003)
- 4) S. H. Won, C. B. Lee, H. C. Nam, J. Jang, J. K. Chung, M. Hong, B. S. Kim, Y. U. Lee, S. H. Yang, J. M. Huh and K. Chung, SID 03 Digest, 992-995 (2003)
- 5) J. Jang, IDW 03 Digest, 299-302 (2003)
- 6) T. Doi, SID 04 Digest, 424-425 (2004)
- 7) J. Y. Kwon, J. S. Jung, K. B. Park, J. M. Kim, H. Lim, S. Y. Lee, J. M. Kim, T. Noguchi, J. H. Hur and J. Jang, SID 06 Digest, 1358-1361 (2006)
- 8) Y. Watanabe, K. Makita, Y. Fujii, H. Okada, N. Obara and T. Doi, SID 06 Digest, 418-419 (2006)