

最近の技術から

フィルム基板を用いた液晶ディスプレイ

対馬 修一・藤村 浩

(株)リコー研究開発本部画像デバイス推進センター 〒243-02 厚木市下荻野 1005

1. はじめに

液晶ディスプレイ (LCD) はその薄型、軽量という特徴を活かし電卓、携帯電話からパソコンまで幅広く用いられている。これらの LCD 応用分野のうち特に携帯性を重視する機器では薄型、軽量とともに衝撃に強いことがディスプレイに要求される。しかし従来のガラス基板を用いた LCD は衝撃で割れてしまい、また薄型化、軽量化にも限界がある。これら携帯機器用 LCD の要求特性を満たすものとして LCD の基板に従来のガラスではなくポリマーフィルムを用いる LCD (PF-LCD と称す) が開発されている。これらはすでにカード型ページャー、ハンディターミナル用として実用化されている。ここでは STN (super twisted nematic) 方式 PF-LCD の開発状況について紹介する。

2. PF-LCD の構成

図1に STN 方式 PF-LCD の構成を示す。基本構成はガラス基板を用いた LCD と同一であるが、根本的相違は PF-LCD では厚さ 0.1 mm 程度のポリマーフィルムを基板として用いる点である。しかし、ガラス基板を用いたものと同様以上の画質、信頼性、量産性を確保するには使用する材料、プロセスの新たな開発が必要となる。以下基板として用いるポリマーフィルムを中心に材料、プロセス開発の現状について述べる。

2.1 ポリマー基板

PF-LCD に用いるポリマーフィルムには以下に示す特性が要求される。

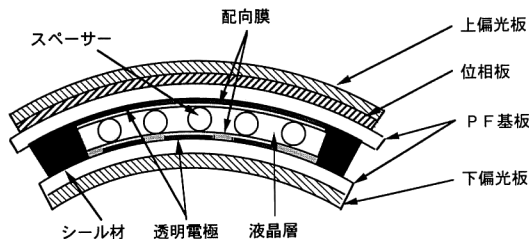


図1 STN方式PF-LCDの構成

(1) 光学的特性： LCD に用いる基板は、無色透明でさらに光学的に等方性であることが望ましい。しかしながら、一般にポリマーフィルムは光学的に異方性である。反射型白黒 STN-LCD (位相板方式) を作製する場合、基板の光学的異方性は、色づきや駆動電圧のシフト等に影響をもたらす。例として、基板のリターデーション R (屈折率異方性 Δn と厚さ d の積) による反射型白黒 STN-LCD の色度 (CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 表色系)¹⁾ の変化をシミュレーションした結果を図2に示す。縦軸は R が0の場合の LCD の色度を基準とした色差を表す。 R が大きいと設計した色度からのずれが大きくなる。また基板の R が小さくても、その遅相軸方向が面内で変化した場合にも LCD の光学特性に影響する。実用上、色差は2以下が好ましい。以上のことから LCD に用いるポリマーフィルムには、①光学異方性が小さいこと、②遅相軸方向が面内で均一であること、が要求される。

(2) ガスバリアー性： 一般に 0.1 mm 程度のポリマーフィルムは空気、水蒸気等の透過性が高い。例えば酸素透過率では数十～1000 cc/24 h・atm・m² 程度である。ガス透過性が高い場合、液晶セル中にガスが混入し、表示部に気泡が発生することがある。このため酸素透過率は 1 cc/24 h・atm・m² 以下にする必要がある。

(3) 耐薬品性： LCD 製造工程では塩酸や NMP (n-メチルピロリドン) 等の薬品にポリマーフィルムは晒される。そのためこれらの薬品に対し高い耐性が要求さ

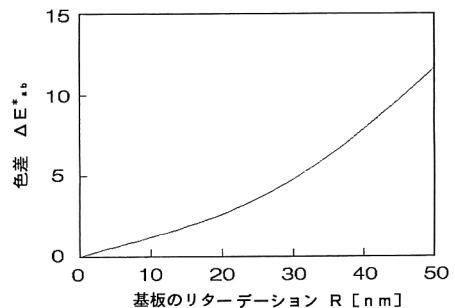


図2 基板のリターデーション R の色差への影響
色度計算には $L^*a^*b^*$ 表色系を用いた。リターデーション R は光の波長 550 nm での値。

れる。

(4) 耐熱性：透明電極として用いられる ITO (indium tin oxide) の形成工程，配向膜の焼成工程，外部駆動回路との接続工程等でポリマーフィルムは高温に晒されることになる。ガラス基板を用いる LCD の製造ではこれらの工程での温度は 250~300°C 程度である。低温化プロセスの開発が不可欠であるとともに，ポリマーフィルムの耐熱性の向上が望まれている。

(5) 表面平滑性：STN 方式で表示部の色むらを防ぐには液晶層のギャップ均一性を表示面内で $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以下に制御しなければならない。よってポリマーフィルムの表面平滑性もこれに準じた値が必要である。

以上述べたように PF-LCD 用ポリマーフィルムには多くの特性が必要とされるが，現状では単一材料でこれらの特性を同時に満足するものはない。そのため光学的特性を満足するポリマーフィルム上にガスバリア層，耐薬品層等を形成した機能分離型の基板が用いられる。

2.2 スペーサー

通常 STN 方式の LCD では液晶層のギャップは，5~8 μm 程度であり，その均一性を表示面内で $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以内に維持しなければ色むらが生ずる。セル間隔を保持するために真球状のスペーサーが用いられる。特に PF-LCD では基板に可撓性があるためこのスペーサーが重要となる。粒径分布の標準偏差を 2% 以下とし，さらに外部からの加圧，曲げ等によるギャップの変化を防止するため，表面に薄い接着剤の層を設けたスペーサーを用い基板表面に固定している。

3. PF-LCD の特徴

PF-LCD の特徴を従来のガラス基板を用いた LCD との比較で示す。PF-LCD の第 1 の特徴はその薄さと軽さである。現在ガラス基板の厚さは 0.7 mm が主流である。これを用いた対角 5 インチの反射型 STN-LCD パネルと比較すると総厚は，偏光板，反射板等すべて含んで 2 mm 程度であり，重量は 42 g 程度である。一方 0.1 mm のポリマーフィルムを用いる PF-LCD では総厚 0.8 mm，重量 9 g 程度である。

また基板が薄いことは表示品質によい効果をもたらす。反射型 LCD の場合，液晶層と反射層の距離（すなわち基板の厚みに依存する）が大きい場合，LCD を斜めからみたとき，本来の像と反射層に投影された像の二重像がみえる。PF-LCD では基板が薄いためこの二重像がみえず非常に鮮明な表示が得られる。PF-LCD のさらに大きな特徴は，機械的衝撃に強く割れないことである。ガラス基板を用いた LCD も基板厚を薄くする試

表 1 反射型 STN 方式 PF-LCD の基本特性

項目	1/48 STN	1/100 STN	試作品
デューティ	1/48	1/100	1/240
コントラスト (TYP)	12 : 1	10 : 1	—
応答速度 (ms) ($\tau_r + \tau_d$)	350	450	—
パネル厚さ (mm)	1 max	1 max	1 max
有効表示エリア (mm)	89×28	59×51	106×79
表示容量 (dots)	191×47	160×100	320×240
動作温度 (°C)	0~40	0~40	0~40
保存温度 (°C)	-20~60	-20~60	-20~60
用途	電子手帳等	携帯端末	PDA 等 開発中

みがなされているが，薄くすればするほど機械的強度が低下し使用時に割れやすいだけではなく，製造時の歩留りが低下する。このように PF-LCD は超薄型，超軽量，高い耐衝撃性，特に反射型における高い表示品質という特徴を有しており今後の携帯型情報端末用ディスプレイとして期待されている。表 1 に STN 方式 PF-LCD の特性の一例を示す。

4. 今後の課題

今後，LCD には高精彩化，大容量化が求められる。これには透明電極の低抵抗化が不可欠である。ポリマーフィルム上に低抵抗な ITO を形成するためには，250°C 程度の温度に耐えられる高耐熱性のポリマーを開発するか，低温で低抵抗な膜を形成できる新規な製膜法の開発が必要となる。筆者らはプラズマ蒸着法²⁾により基板温度 110°C で 20 Ω/\square 程度のシート抵抗値を得ているが，今後さらなる改良が必要である。カラー化に関してもすでに研究開発³⁾が進められている。さらに外部回路との接続についても低温でかつ高密度な実装技術の開発が重要課題の一つであり，種々の試み⁴⁾がなされ始めている。

文 献

- 1) JIS Z8729: L*a*b* 表示系及び L*u*v* 表示系による物体色の表示方法。
- 2) M. Nakazawa and W. Ohta: Sputtering Plasma Processes, 5, 3 (1990) 85-87.
- 3) F. Matsumoto, T. Nagata, T. Miyabori, H. Tanaka and S. Tsushima: "Color STN-LCD on polymer film substrate," *SID International Symposium Digest* (1993) pp. 965-968.
- 4) 岩田和志, 吉田芳博, 岩瀬寿章, 桑崎 聡: "フィルム LCD 用微細ピッチ実装技術", 1994 年情報通信学会秋季大会講演文集エレクトロニクス 2 (1994) p. 91.

(1995 年 6 月 1 日受理)