

# 液晶ディスプレイ用ガラス基板

日本電気硝子株式会社技術部 第1グループ

三和 晋吉

## Glass Substrate for Liquid Crystal Display (LCD)

Shinkichi Miwa

Nippon Electric Glass Co., Ltd. Technical Division No. 1 Group

### Abstract

液晶ディスプレイ用ガラス基板，特に AM-LCD 用ガラス基板とその必要特性について概説した。また，AM-LCD 用ガラス基板の課題と今後の動向に触れると共に，日本電気硝子の AM-LCD 用ガラス基板について紹介する。

### はじめに

液晶ディスプレイ (LCD) は，ノート PC，デスクトップ PC 用モニター，液晶 TV，携帯電話，液晶プロジェクタなどに広く利用され，我々の生活にかかせないものとなった。特に，画素のひとつひとつを薄膜トランジスタ (TFT: Thin Film Transister) などのスイッチ素子で駆動するアクティブマトリクスタイプの LCD (以下 AM-LCD) は，その表示性能の高さから現在のカラー LCD の主流となっている。LCD は図 1 に示すような構造を持つ。ガラス基板は，液晶層の厚みを精密に保つ役割を果たしており，LCD の最も重要な構成部品のひとつである。また，ガラス基板の表面には液晶の駆動素子や透明電極，配線が薄膜で作製されるため，ガラス基板には様々な特性が要求される。本報告では LCD 用ガラス基板，特に AM-



図1 LCDの構造とガラス基板

LCD 用ガラス基板について概説する。

### AM-LCD 用ガラス基板に求められる特性

AM-LCD 用基板用ガラスとしては， $\text{SiO}_2$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $\text{B}_2\text{O}_3$  および RO (アルカリ土類金属酸化物) を主成分とするアルミノホウケイ酸ガラスが用いられる。各社の代表的な AM-LCD 用ガ

表1 各社の AM-LCD 用ガラス基板

ガラスメーカー	ガラス基板	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	熱膨張係数 (×10 <sup>-7</sup> /°C)	歪点 (°C)
日本電気硝子	OA-10	2.5	38	650
	OA-21	2.4	32	665
コーニング <sup>(1)</sup>	1737	2.54	37.6	667
	Eagle2000	2.37	31.8	667
旭硝子 <sup>(2)</sup>	AN100	2.51	38	670
NHテクノグラス <sup>(3)</sup>	NA35	2.50	37	650

ラス基板について表1に示す。AM-LCD用ガラス基板には以下のような特性が要求される。

#### (1) 無アルカリガラス

ガラス中のアルカリ金属酸化物成分は、ガラス基板表面の TFT 層に拡散し、トランジスタ特性を損なう恐れがある。AM-LCD用ガラス基板にはアルカリ成分を含有しない無アルカリガラスが用いられる。

#### (2) 耐熱性、低熱収縮

AM-LCDの製造工程でガラス基板は、最高300°C～350°Cの温度にさらされる。また近年、高性能のLCDとして注目を集めているp-Si-TFT-LCDでは、ガラス基板は400～600°Cで熱処理される。高温の熱処理中にガラス基板が構造緩和すると、熱収縮と呼ばれる微小な寸法変化を起こすことがある。熱収縮が大きいと、複数枚のマスクを用いるフォトリソグラフィ工程で、TFT素子のパターンにズレが生じる。従ってAM-LCD用ガラス基板では、LCD製造工程における熱収縮が10～20ppm以下と極めて小さいことが求められる<sup>4)</sup>。歪点が高いガラスほど熱収縮は小さいので、AM-LCD用ガラス基板には650°C以上の歪点を持つガラスが用いられている。

#### (3) 耐薬品性

AM-LCDの製造工程でガラス基板は、酸、アルカリ、フッ酸系などの様々な薬液で処理されるため、これらの薬液に対して高い耐久性を持つことが必要である。ガラス基板が薬液に浸食されやすくと、基板が透光性を失ったり、薬液中にガラス成分が溶出して薬液の汚染、劣化

を引き起こす恐れがある。特にBHF（バッファードフッ酸、HF+NH<sub>4</sub>F）等のフッ酸系溶液はガラスを強く浸食するため、薬液の種類や処理条件に注意が必要である<sup>5),6)</sup>。また最近では薬液を用いないドライエッチングプロセスが増えており、ドライプロセスにおけるガラスの耐久性も重要になる。

#### (4) 高透過率

LCDは非発光型のディスプレイなので、バックライトの光を多く透過することが重要である。従ってガラス基板には、可視光の全域(400-700nm)で光透過率が高いことが要求される。

### AM-LCD用ガラス基板の課題

LCDの高性能化に伴って、ガラス基板に求められる要求はより厳しくなっている。最近のAM-LCD用ガラス基板の課題についてまとめた。

#### (1) 大面積化

図2にはガラス基板サイズの経緯を示す。1990年(第1世代)の基板サイズは、300-350mm前後であったが、現在(第5世代)では1m角を超えている。現在、建設中の第6世代製造ラインの基板サイズは1500-1800mm、更にその次の第7世代は2m角といわれており、ガラス基板面積は第1世代の約40倍に達する。基板の大面積化の目的は、1枚のガラス基板から多数のパネルを取る多面取りにより生産効率を上げ、低コスト化を図ることである。また最近では、液晶モニターや液晶TVなど大画面のLCDを多面取りするために、更に大面積の基板が必要とされている。ガラス基板の大面積化にともなう課題について以下に挙げた。

① ガラス中の泡、異物 例えば2m角、板厚0.7mmのガラス基板では、1枚あたりのガラス重量は7kgに達する。このようなガラス基板中に長さ100μm以上の泡、異物などの

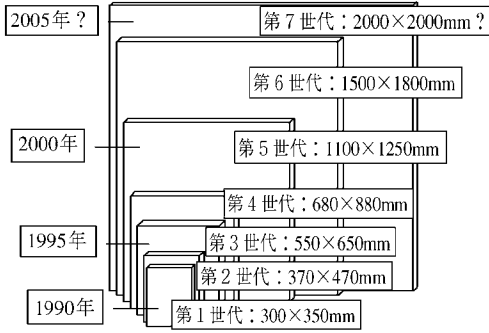
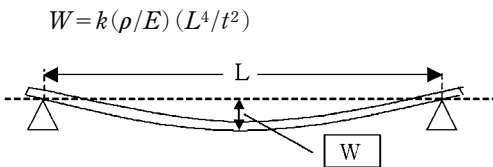


図2 AM-LCD用ガラス基板サイズの変遷

内部欠陥が1個でもあると良品とならない。このような高品位のガラス基板を歩留まりよく製造しようとする、ガラス生地中の泡、異物がほぼゼロのレベルを達成する、高い熔融技術が必要になる。

② ガラス基板のたわみ 平行する2辺で支持されたガラス基板の自重によるたわみの最大量は、以下の式で近似的に与えられる<sup>7)</sup>。式中の  $W$  : 最大たわみ量,  $L$  : 支持辺間の長さ,  $t$  : 板厚,  $\rho$  : ガラスの密度,  $E$  : ガラスのヤング率,  $k$  : 定数を示す。



ガラス基板のたわみ量  $W$  は  $L$  の4乗に比例するので、ガラス基板が大面積化すると基板の自重によるたわみ量は著しく増大する。ガラス基板のサイズによるたわみの最大量の変化を図3に示す。ガラス基板のたわみが大きいと、搬送工程やカセットに基板を出し入れする工程で、破損などの不具合が起こる恐れが大きくなる。従って大面積のガラス基板を扱う場合、基板の搬送方法などに工夫が必要である。また大面積のガラス基板では、梱包、輸送も大きな問題である。

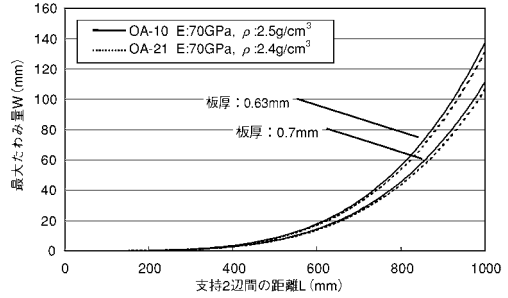


図3 平行する2辺で支持した基板の最大たわみ量(計算値)

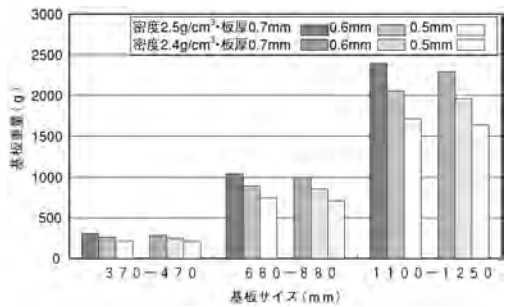


図4 ガラス基板のサイズ、密度と重量

(2) 軽量化

ノートパソコン、モバイル用途では特にLCDパネルの軽量化が要求されている。LCDパネルに占めるガラス基板の重量割合は高いため、ガラス基板に軽量化の要求がある。ガラス基板を軽量化する手段としては薄肉化、低密度化の2つの方法がある。図4には板厚、およびガラスの密度を変えた場合の代表的なサイズのガラス基板重量の変化を示す。

①薄肉化 板ガラスの薄肉化によるガラス基板重量低減の効果は大きい。また、LCDの薄型化に伴って、ガラス基板には軽量化だけでなく薄肉化も要求されている。現在のAM-LCD用ガラス基板の主な板厚は0.7mmであるが、0.63, 0.6, 0.5mm厚の基板が既に市場に供給されている。同一サイズで板厚を0.7mm→0.6mmにした場合、14%の基板重量を低減でき

る。ただし、ガラス基板の板厚を薄くすると、基板のたわみが大きくなったり、基板の強度が低下して破損しやすくなるという問題がある。LCD パネルを化学的にエッチングするか、または機械的に研磨することで厚みを薄くする方法もあるが、コストアップの要因となる。

②低密度化 ガラスの低密度化により板厚を変えずに軽量化を図ることができる。ガラスの密度を  $2.5 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 2.4 \text{ g/cm}^3$  に低下させると、4%の基板重量を低減できる。低密度化による基板重量の低減は薄肉化より効果が小さいように思えるが、たわみの変化などの影響を受けることなく同じプロセスでパネルの軽量化が図れるため、LCD メーカーからの低密度化の要望は大きい。

### (3) 高表面精度, 高表面品位

液晶モニターや液晶 TV 等に用いられる広視野角、高精細 LCD 用のガラス基板には、以下に述べるような、特に高い表面精度、表面品位が求められる。

①肉厚偏差, 表面うねり ガラス基板の板厚偏差はフォトリソグラフィ工程における露光機の焦点ずれに影響する。LCD の高精細化に伴い板厚偏差に対する要求は厳しくなっており、例えば 150 mm の範囲で、 $20 \mu\text{m}$  以下であることが求められる。またガラス基板表面の  $\mu\text{m}$  オーダーの凹凸であるうねりは、LCD 基板の液晶層の厚さ（セルギャップ）に影響して、表示ムラの原因となる。うねりは 20 mm の基準長さでの最大の高低差を測定するが、この値が  $0.05 \mu\text{m}$  以下と非常に小さいガラス基板が求められる。このような高精度でかつ大面積のガラス基板を供給するためには、板ガラス成形技術の向上が必要である。

②表面のキズ, 微小異物（パーティクル）ガラス表面に存在するキズ、および異物は、TFT の駆動のための金属薄膜配線の断線やショート等、表示欠陥の原因となることがある。図 5 には、研磨を施したガラス基板と無研磨のガラス基板表面の AFM による観察結果を

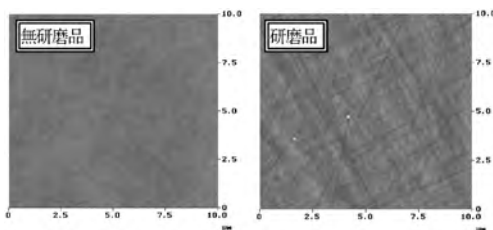


図 5 AFM で観察した無研磨および研磨ガラス基板の表面

示す。研磨ガラスの表面には多数の微細なキズが存在するが、無研磨ガラスにはキズが見られない。今後、LCD の高精細化にともなって、より平滑な表面を持つガラス基板が求められるものと思われる。また、ガラス基板表面のパーティクルについても、その低減が求められている。パーティクルは微細なガラス粉やその他の無機、有機の異物であるが、研磨ガラスでは基板端面に残留した研磨剤が基板表面に再付着することが問題となる。

## 日本電気硝子の LCD 用ガラス基板

日本電気硝子では、AM-LCD 用ガラス基板として、従来より「OA-10」を市場に供給してきた。OA-10 は、全ての要求特性を満たし、無研磨で優れた表面精度を持つガラス基板として、多くの LCD メーカーに使用いただいている。一方、昨今のガラス基板の軽量化の要求に伴い、昨年、新たに「OA-21」を製品化した。OA-10 および OA-21 の代表特性について、表 2 および図 6、図 7 に示す。OA-21 は以下の特徴を持ち、ガラス基板の軽量化を求める用途に最適である。(1)密度が  $2.4 \text{ g/cm}^3$  と OA-10 ( $2.5 \text{ g/cm}^3$ ) より低く、基板重量を低減できる。同一サイズの基板で OA-21 の基板重量は OA-10 よりも 4%軽い (図 4)。(2)歪点が  $665^\circ\text{C}$  と OA-10 より  $15^\circ\text{C}$  高く耐熱性に優れる。(3)ヤング率が OA-10 と同等で密度が低いので、基板のたわみ量を低減できる (図 3)。(4)低膨

表2 OA-10, OA-21の特性

ガラス基板	OA-10	OA-21
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.5	2.4
熱膨張係数(×10 <sup>-7</sup> /°C)[30-380°C]	38	32
歪点(°C)	650	665
徐冷点(°C)	705	725
体積固有抵抗 log ρ (Ω・cm)	12.0	11.5
誘電率 ε [1MHz・25°C]	5.3	5.0
誘電正接 tan δ [1MHz・25°C]	0.001	0.001
ヤング率 E (GPa)	70	70
剛性率 G (GPa)	29	28
ポアソン比 ν	0.2	0.2
ビッカース硬度 Hv	600	570
屈折率nd [587.6nm]	1.52	1.51

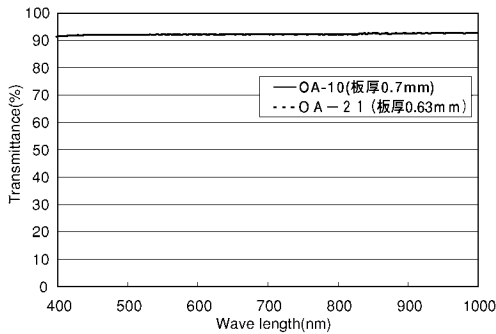


図6 OA-10, OA-21の透過率曲線

張であり耐熱衝撃性に優れる。(5)OA-10と同等以上の優れた耐薬品性を持つ。(6)可視光の全域で透過率が高い(7)OA-10と同等の優れた表面精度、品質を持つ。

## さいごに

液晶ディスプレイの高性能化に伴い、ガラス

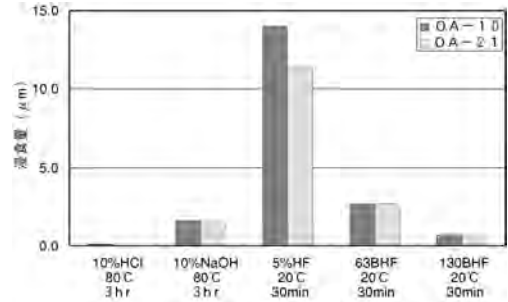


図7 OA-10, OA-21の耐薬品性(浸食量)

\*63BHF : 6%HF, 30%NH<sub>4</sub>F 130BHF : 1.6%HF, 38.7%NH<sub>4</sub>F

基板に対しても様々な要求がある。ガラスメーカーは、高品位化と低コスト化という両立の難しい課題を克服すべく、日々努力を重ねている。

## 参考文献

- 1) 岩井 浩也, NEW GLASS, Vol. 16, No. 3 p. 51-53 (2001).
- 2) 2001 FPD テクノロジー大全 p. 469-471, 電子ジャーナル (2001).
- 3) J. Makino, K. Ueno, K. Sagara, S. Sakamoto, SID'91 Digest p. 671-674 (1991).
- 4) M. Anma, Journal of the SID 9/2, p. 95-99 (2001).
- 5) S. Miwa, S. Yamamoto, T. Onoda, M. Miyamoto, S. Ishida, N. Kita, SID'94 Digest p. 859-862 (1994).
- 6) Y. Kato, S. Miwa, S. Yamamoto, DMTC'96 Digest p. 33-34 (1996).
- 7) C. Hirata, SEMI Technology Education Program Digest p. 15-28 (1998).