

# TFT-LCD 用ガラス基板

コーニングジャパン株式会社  
静岡テクニカルセンター

安間 元哉

## Glass Substrates for TFT-LCD Applications

Motoya Anma

Shizuoka Technical Center  
Corning Japan K.K.

### Abstract

New TFT-LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) panels having larger area, higher resolution are being developed, and glass substrate is one of the key elements for the application. There are several requirements for glass substrate such as thermal shrinkage, thermal distortion, chemical durability, mechanical resistivity as well as surface quality. In this article, key properties of glass substrate for LCD application are discussed.

## 1. はじめに

現在種々のカラーフラットパネルディスプレイが開発されているが、その中でも TFT-LCD (薄膜トランジスタ形液晶ディスプレイ) はノート型パソコンなどの携帯情報機器用ディスプレイを中心としてさまざまなアプリケーションに使用されている。

TFT-LCD には、TFT アレイ側とカラーフィルタ側の 2 枚のガラス基板が用いられており、これら 2 枚の基板の間に液晶が封入されて液晶セルを構成している。ガラス基板上に直接数百万個もの微細な TFT やカラーフィルタ画素が形成されるために、TFT-LCD を構成する重要な部材として、ガラス基板の持つ役割は大きい。

TFT-LCD に関する新たな技術開発は積極的に行われており、パネルの大画面化、高精細化、低消費電力化、軽量化などが推し進められている<sup>1),2)</sup>。また、コスト低減のために、ガラス基板の大形化と 1 枚のガラス基板からの多面取りも積極的に進められている。その中でも、高精細化、低消費電力化、低コスト化を実現する技術の一つとして、従来のアモルファスシリコン (a-Si) TFT にかわって、低温多結晶シリコン (低温 poly-Si) TFT の技術が開発され実用化され始めた。現在、低温 poly-Si TFT-LCD は次世代の TFT-LCD として注目されている<sup>3)~5)</sup>。

このように、技術が日々進歩する中で、ガラス基板に対しても厳しい特性、品質が要求されている。本稿では、低温 poly-Si TFT-LCD 用のガラス基板に関するデータの紹介を含めて、TFT-LCD 用ガラス基板について説明する。

## 2. TFT-LCD 用ガラス基板の種類

TFT-LCD 用のガラス基板としては、いわゆる無アルカリガラスが通常使用されている。Table 1 に一般的に使用されている TFT-LCD 用ガラス基板を示す<sup>1),2),6)</sup>。表の上から下へガラス基板の歪点が高くなる順番に並べてある。ここで、歪点はそのガラス基板の実用上の最高使用温度であり、耐熱性の目安となる。コーニング 1737 が量産されている LCD 用無アルカリガラスの中では、最も歪点が高く耐熱性がある。

ガラス基板が使用されるプロセス温度から見ると、Table 2 に示すように 350°C 前後の a-Si TFT プロセス、400~600°C の低温 poly-Si TFT プロセス、約 1000°C の高温 poly-Si TFT プロセスに大別される。比較的低温でプロセスが可能で a-Si TFT 用としては、Table 1 に記載されている無アルカリガラス（表中上から 6 種類のガラス）が通常用いられている。

poly-Si は a-Si よりも電荷移動度が大きいいため、高性能な TFT を作製することができる。したがって、ディスプレイ画素部の TFT だけでなく、パネル周辺部のガラス基板上に画素部と同時にディスプレイの駆動回路等を形成（ドライバ・インテグレーション）することができる。また、より高精細なパネルも作ることも可能となる。以前は 1000°C の高温プロセスでしか poly-Si TFT を作ることはできなかったため、耐熱性の最も高い石英ガラスが使用されてきた。最近になって、600°C 以下の温度で poly-Si TFT を安定して作製することができる技術が開発され<sup>3)~5)</sup>、耐熱性の点でコーニング 1737<sup>7)~9)</sup> や NH テクノガラス NA-35<sup>10),11)</sup> などのガラス基板が使用可能と考えられる。

## 3. ガラス基板の製造工程

TFT-LCD 用ガラス基板の製造工程は、Fig. 1 に示すように、元板となる薄板ガラスを

Table 1 Glass Substrates for TFT-LCD Applications.<sup>1),2),6)</sup>

Manufacturer	Glass Code	Strain Point [°C]	Thermal Expansion Coefficient [ppm/°C]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]
[Non-Alkaline Glass]				
Corning	7059	593	4.6	2.76
NH Techno Glass	NA-45	610	4.6	2.70
AGC	AN635	635	4.8	2.77
NEG	OA-2	650	4.7	2.7
NH Techno Glass	NA-35	650	3.7	2.50
Corning	1737	667	3.8	2.54
[Silica Glass]				
Corning	7940	990	0.55	2.20
AGC	AQ	1100	0.6	2.20

Table 2 Process Temperatures of TFT-LCD Fabrication.

TFT-LCD	
· a-Si TFT-LCD	----- 300 - 350°C
· poly-Si TFT-LCD	-----
Low temperature poly-Si TFT	----- 550 - 600°C
Super-low temperature poly-Si TFT	--- 400 - 450°C

成形する工程と各基板サイズに加工する工程からなっている<sup>2)</sup>。薄板ガラスの成形は、高品質を要求される TFT-LCD 用ガラスを製造する上で重要な工程であり、フュージョン・ダウンドロー法、スロットダウンドロー法、フロート法が用いられている。加工工程には、切断・端面仕上げ、洗浄、検査等の重要な工程が含まれる。

## 4. TFT-LCD 用ガラス基板の特性

TFT-LCD 用ガラス基板の特性には、ガラスの組成によって決まる熱的、化学的、機械的などの諸特性とガラス基板の製造工程によって決まる品質がある。

### 4.1 熱収縮

TFT 製造工程では、ガラス基板は加熱成膜、露光、エッチングの各工程を繰り返し処理され、TFT の微細パターンが形成される。ガラス基板が加熱された時に熱収縮（シュリンケージ、コンパクションともいわれる）を起こすと、露光パターンのずれを引き起こし、熱収縮量が大きい場合には TFT 特性のバラツキ等の原因となる。この現象は、熱工程によってガラスの構

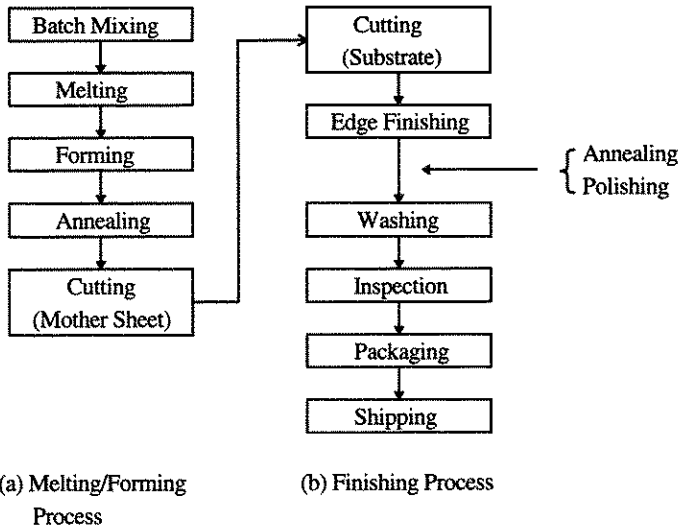


Fig. 1 Manufacturing Process of TFT-LCD Glass Substrate.<sup>2)</sup>

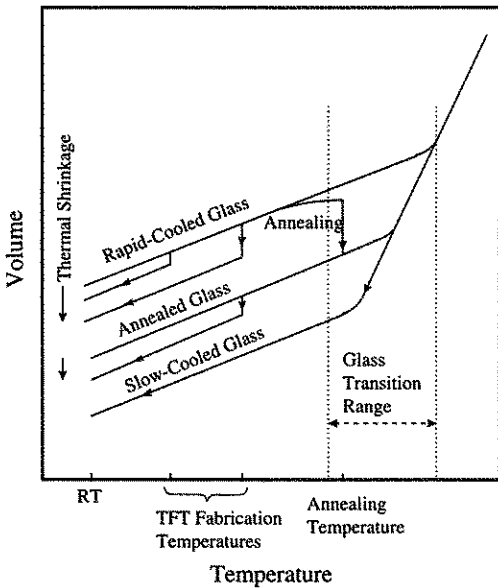


Fig. 2 Thermal Shrinkage of Glass Substrate Due To Heat Treatment.<sup>1),2),12)</sup>

造が緩和されるためであり、ガラスが結晶とは違って準安定な構造を持っていることに起因する。Fig. 2 に示すように、室温のガラスをガラス転移温度域まで加熱すると、ガラスはより安定化しようとして高密度化する<sup>1),12)</sup>。この時、ガラス基板にとっては、熱収縮という現象とし

Table 3 Thermal Shrinkages of Corning 1737 and 7059 Glasses.<sup>1),7),12)</sup>

Glass Code	Strain Point [°C]	Annealing	Thermal Shrinkage [ppm]		
			300°C/1h	350°C/15min	350°C/1h
7059	593	Unannealed	3	2	6
		Annealed	0	0	1
1737	667	Unannealed	0	0	1

て現れる。a-Si TFT の場合のように加熱温度がガラス転移温度よりかなり低い場合であっても、ガラス基板はわずかに熱収縮する。

Table 3 に a-Si TFT 作製温度条件におけるコーニング 1737 と 7059 の熱収縮率を示した<sup>1),7),12)</sup>。歪点の高いガラスの方が熱収縮率が小さいことがわかる。高歪点の 1737 ガラスはアニール処理がなくても、アニールした 7059 ガラスと同等の小さな熱収縮率を達成している。また、同じガラスであれば加熱温度が低いほど、加熱時間が短いほど熱収縮率が小さいこと、熱処理条件が同じであればアニールしたガラスほど熱収縮率が小さいこともわかる。TFT 製造工程の加熱温度と加熱時間は各社同一ではなく、熱収縮率の要求値も明確ではないが、通常 5~10 ppm 以下の値を要求されることが多い。

低温 poly-Si TFT-LCD 用ガラス基板の場

合、低温とは言っても 600°C程度の温度が加わるため、熱収縮率をいかに小さく抑えるかが開発のポイントである。低温 poly-Si TFT-LCD 用基板に対しては、通常 20 ppm 以下の熱収縮率が求められている。Fig. 3 にアニールしたコーニング 1737 を 450~600°C に加熱した時の熱収縮率を示す<sup>9)</sup>。アニールした 1737 ガラスは、600°C 12 時間の処理条件まで、熱収縮率 20 ppm 以下を達成しており、低温 poly-Si TFT-LCD 用基板として使用可能である。

Poly-Si TFT プロセスはさらに低温化が進められており、400~450°C のプロセスが開発されている<sup>5)</sup>。この温度領域では、高歪点ガラスを使えば、アニール処理をしなくても a-Si TFT-LCD 用と同じガラス基板を使用できる可

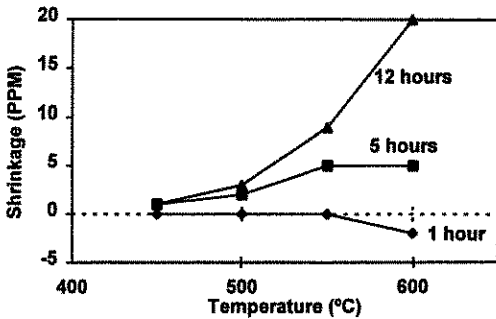


Fig. 3 Shrinkage of Annealed Code 1737 in the Temperature Range of 450~600°C for Process Times of 1, 5 and 12 hours.<sup>9)</sup>

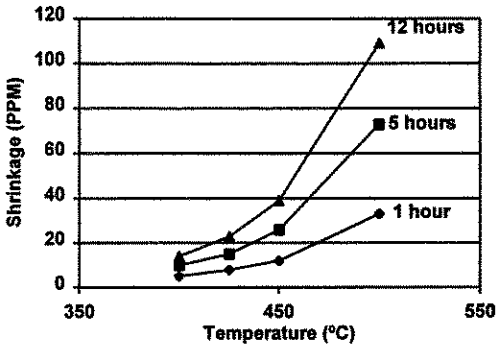


Fig. 4 Shrinkage of Un-annealed Code 1737 in the Processing Range of 400~500°C and Time of 1~12 hours.<sup>9)</sup>

能性がある。Fig. 4 にアニール処理をしていない (a-Si 用と同等の) 1737 ガラスを 400~500°C に加熱した時の熱収縮率を示す<sup>9)</sup>。400°C 台前半の温度であれば、アニールしないで低温 poly-Si TFT-LCD 用基板として使用することが可能である。

#### 4.2 熱反り

ガラス基板が TFT 熱工程で反ると、ガラス基板を搬送する時に問題となることがある。通常 450°C 以下の a-Si TFT 工程では問題とならないが、600°C の低温 poly-Si TFT 工程では、ガラスの保持方法によっては、大きな熱反りを示す可能性がある。ここでは、300 mm 角サイズ程度の歪点の異なる 3 種類のガラス基板を用いて、それぞれを 4 つのコーナー位置で保持して 500~600°C の熱処理を行った時の基板中央部の最大反り量を測定した。結果を Table 4 に示す<sup>9)</sup>。歪点の高いガラスほど、熱反りが小さい傾向がある。また、同様な実験をアニール品と非アニール品で行うと、アニール品の方が安定化しているため、熱反りが小さくなる。

#### 4.3 耐熱衝撃性

ガラス基板を急冷するとガラス外部が内部と比べて急激に冷却されるので、ガラス表面に引張り応力が作用する。もしガラス基板にクラックがあると、そこに応力が集中してガラスが破壊に至ることがある。熱膨張係数の小さなガラスほど、基板内部と外部の温度差による応力が小さいので、熱衝撃に対して強い。また、同じ

Table 4 Effect of Substrate Glass Strain Point Upon Thermal Sag in the Processing Temperature Range of 500~600°C. Units are in microns. Substrate size was Gen I and thickness was 0.7 mm.<sup>9)</sup>

	Code 1737	Code 1733	Glass C
Strain Point	666°C	640°C	650°C
500°C/12 hours	140	---	360
550°C/12 hours	560	---	790
600°C/12 hours	770	2460	---

ガラスであれば、板厚の薄いガラスの方が熱衝撃によって割れにくい。

#### 4.4 化学的性質

TFT-LCDの製造工程では、ガラス基板上の金属膜、酸化膜等の種々の膜をエッチングしてパターンを形成する。ガラス基板の、酸、アルカリ、その他の薬品に対する耐薬品性が問題となることがある。特にフッ酸はガラスを激しく侵食するので注意を要する。しかし、現実にはTFT工程においてガラス基板を侵しやすい強い薬品を用いることも多い。できるだけ、ガラス基板を侵さない薬品を選択することが望まれる。

#### 4.5 機械的性質

ガラスの機械的性質は、ヤング率、ポアソン比、破壊靱性等によって表される。ここでは、コーニングのS. T. Gulatiによって発表された、市販されている5種類のTFT-LCD用ガラス基板についての動的および静的な疲労破壊強度を調べた結果<sup>13)</sup>の一部を紹介する。これらのデータは、単にプロセス中のガラス基板の機械的強度というだけではなく、LCDパネルになってからのガラスの強度あるいは破壊に至るまでの寿命を考える上で興味深いものである。動的疲労破壊強度は、破壊試験において応力を掛ける速度と破壊強度との関係から求めることができる。Table 5に各ガラス基板の測定結果を載せた。数値が大きい方が応力に対する強度が大きいことになる。また、静的疲労破壊強度は、100% RHの条件で一定の応力（ここでは20.3 MPa）を与え続けた時の破壊に至るまでの時間を測定して評価している。Table 6に各ガラス基板を比較した結果を示す。破壊までに要した時間が長いほど、静的破壊強度が強いことになる。以上の結果からは、1737ガラスが動的および静的な破壊強度において最も強いことが示されている。

Table 5 Stress Corrosion Constant for AMLCD Glass Substrates with Sandblast Abrasion.<sup>13)</sup>

Glass Code	Stress Corrosion Constant n	
	Mean Value	95% Conf. Band
1737	28.8	22.7 - 39.3
AN 635	19.3	16.6 - 23.0
NA 35	28.0	22.0 - 37.0
NA 45	18.1	14.1 - 25.1
OA2	20.0	16.6 - 25.1

Table 6 Static Fatigue Data for AMLCD Glasses with Sandblasted Surface.<sup>13)</sup>

$(\sigma_s = 20.3 \text{ MPa}, \text{RH} = 100\%)$			
Glass Code	No. Tested	No. Failed	Failure Times (hr)
1737	6	0	>100
AN 635	7	3	5,8,9
NA 35	11	8	0.1,5,5.6,7,10,18,92
NA 45	6	1	41
OA2	7	2	5,36

#### 4.6 ガラス基板の品質

TFT-LCDでは、ガラス基板上に多数の微細な素子を形成するため、ガラス表面の欠陥に対しては特に厳しい要求がなされている<sup>1),2)</sup>。ガラス表面の傷、凹凸、汚れ、異物などは、TFT素子の断線や薄膜の密着性の低下を引き起こす原因になるため、検査により選別されている。また、ガラス基板の端面仕上げの良否も、重要な品質項目である。

#### 5. ガラス基板の今後の課題

ガラス基板製造工程の効率化・自動化を進めることによって、高品質化・低コスト化を実現することは、ガラス基板メーカーにとって必須の課題である。特に、検査工程の自動化については、省人化だけではなく、官能検査では達成できない検査レベルの均一化に対しても効果が

期待できる。また、低温 poly-Si TFT-LCD 用ガラス基板のように、新しい技術を可能にするようなガラス基板の開発も必要である。

ガラス基板のサイズは、300 mm 角程度の第1世代から始まり、第3世代の550 mm×650 mmへと拡大してきた。また、今後、第3.5世代、第4世代といったさらに大きなガラス基板が要求されている。ガラス基板が大型化するに伴い、ガラス表面や内部の欠陥による歩留りの低下が、ガラス供給側の最大の問題となる。大型基板に対応したガラスの熔融・成形技術の開発が課題となる。また、大型基板に対応した搬送システムの開発も重要な課題である。

LCDの製造メーカーとガラス基板メーカーが互いに協力して、これらのガラス基板に対する課題を解決していくことが重要である。

## 参考文献

- 1) 内田龍男編著、「次世代液晶ディスプレイ技術」p99 (工業調査会 1994)。
- 2) 松本正一編著、「液晶ディスプレイ技術—アクティブマトリックスLCD—」p207 (産業図書 1996)。
- 3) Y. Yamamoto, T. Morita, Y. Yamane, F. Fukuda, K. Awane, "High Performance Low-Temperature Poly-Si TFT with Self-Aligned Offset Gate Structure by Anodic Oxidation of Al for a Driver Monolithic LCD", Proceedings of the 15th IDRC (Asia Display 1995), p941.
- 4) M. Itoh, Y. Yamamoto, T. Morita, H. Yoneda, Y. Yamane, S. Tsuchimoto, F. Fukuda, K. Awane, "High-Resolution Low-Temperature Poly-Si TFT-LCDs Using a Novel Structure with TFT Capacitors", SID 1996 Digest of Technical Papers, p17.
- 5) S. Inoue, M. Matsuo, K. Kitawada, S. Takenaka, S. Higashi, T. Ozawa, Y. Matsueda, T. Nakazawa, H. Ohshima, "425°C Poly-Si TFT Technology and Its Applications to Large Size LCDs and Integrated Digital Data Drivers", Proceedings of the 15th IDRC (Asia Display 1995), p339.
- 6) 安間元哉, 「TFT-LCD ガラス基板の現状」, 第5回ファインプロセステクノロジー・ジャパン 1995, セミナー要録 (リードエグジビションジャパン)。
- 7) J. C. Lapp, D. M. Moffatt, W. H. Dumbaugh, P. L. Bocko, M. Anma, "A New Substrate for Advanced Flat-Panel-Display Applications", SID 1994 Digest of Technical Papers, p851.
- 8) D. M. Moffatt, "Properties of Glass Substrates for Poly-Si AMLCD Technology", Mat. Res. Soc. Symp. Proc., Vol 377, p871 (1995).
- 9) M. Anma, P. L. Bocko, "Substrate for Poly-Si TFT Applications", The 3rd International Display Workshops, Digest of Technical Papers, p373.
- 10) 日経マイクロデバイス編「フラットパネル・ディスプレイ 1996」p111, p118 (日経 BP 社 1995)。
- 11) LCD International 1996 Exhibition (日経 BP 社)。
- 12) F. Okamoto, T. Hayashi, T. Inuzuka, M. Anma, T. Araki, "Thermal Dimensional Stability of Fusion-Drawn Corning Code 7059 Glass Substrates", SID 1991 Digest of Technical Papers, p663.
- 13) S. T. Gulati, J. D. Helfinstine, "Fatigue Resistance and Design Strength Advanced AMLCD Glass Substrates", Display Works 1997.