

ディスプレイ用ガラス基板とその表面処理

セントラル硝子株式会社硝子技術部 上村 宏

Surface processing of glass substrates for flat display

Hiroshi Uemura

Glass Technical Planning Dept., Central Glass Co., Ltd.

1. はじめに

情報化社会の発展とともに、ラップトップパソコンやワープロ、ポケットテレビ、車載用テレビなど、ブラウン管に代わる薄型・軽量の平面ディスプレイを利用した商品が登場し、急速な進展を見せており、将来は平面ディスプレイによるHDTV¹⁾や大型の壁掛けテレビの実現も期待されている。

平面ディスプレイには後述するように、液晶ディスプレイ (LCD)、蛍光表示管 (VFD)、プラズマディスプレイ (PDP)、エレクトロルミネッセント (ELD) 等があり、これらはいずれも、Fig.1にLCDの模式的な構造図を示すように2枚のガラス基板が対向する形でセルを構成している。

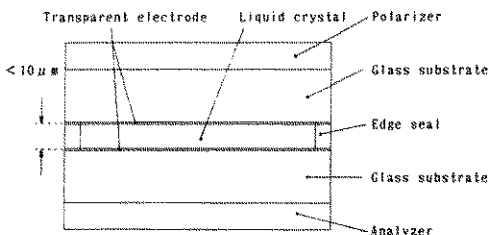


Fig. 1 Schematic structure of LCD

ここでは、これらの平面ディスプレイに使用されるガラス基板について、ガラスの種類、製法、特性等を紹介した後、表面研磨、膜付けなどの表面処理とその課題について概説する。

2. 平面ディスプレイ

主な平面ディスプレイの分類と動作原理をまとめて Table 1 に示す²⁾。通常、発光型 (直視型) と非発光型 (受光型) とに大別され、一般に前者は後者に比べて消費電力は大きいものの応答速度が早いという特徴を有する。各ディスプレイの構造、特徴、用途等については、紙面の都合上別の報告³⁾にゆずる。

現在、これらの平面ディスプレイに使用されるガラス基板の数量はLCDが圧倒的に多く、次いでVFD、PDP、ELDの順となっており、ECD、EPIDは開発の途上でもあり使用量は極めて少ない。中でもLCDはFig.2に示すようにTN、STN、TFT等いくつかの方式があり⁴⁾、各々の用途展開の拡大と生産量の増加にともなって、使用されるガラス基板の数量も急速に増大している。

3. ガラス基板の種類と製法

Table 1 Classification of flat panel displays and their operation mechanism

	Names of displays	Operation mechanism
Emissive	VFD (Vacuum Fluorescent Display)	Impact of electron beam to phosphers
	PDP (Plasma Display Panel)	Gas discharge/photo luminescence
	ELD (Electro Luminescent Display)	Impact of electrons phosphers
Non-emissive	LCD (Liquid Crystal Display)	Rotatory power/light scattering/dichroism
	ECD (Electro Chromic Display)	Reduction/oxidation
	EPID (Electro Phoretic Indication Display)	Electro phoretic

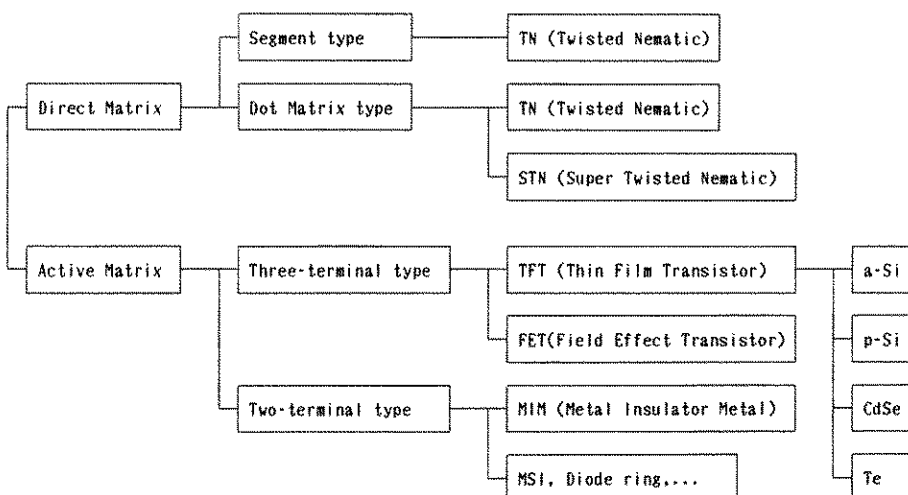


Fig. 2 Classification of LCDs

平面ディスプレイに使用されるガラス基板の種類は、各々に要求される特性および価格面から、現在 Table 2 に示すように使い分けがされている⁵⁾。

VFD, PDP は真空容器であるため、比較的厚いガラスが用いられ、パネルの製造工程に高温の加熱処理工程があるものの、電極やシール材との熱膨張のマッチング上ソーダライムガラスが使用されている。

ELD は通常発光層の成膜後、600°C 1 時間程度の熱処理が必要であり、熱的、化学的安定性の面から無アルカリガラスが使用されているが、発光層が原子層エピタキシー (ALE) 法により成膜される場合には、熱処理が不要のためソーダライムガラスが使われている。

LCD では方式によって使用されるガラスが異なっている。現在数量的に多い TN および STN

方式には品質・供給共に安定し、廉価なソーダライムガラスが Na バリアとして SiO₂ 膜をコートして使用されているが、一部 SiO₂ 膜コートなしで使用できる低アルカリガラスも採用されている。一方、a-Si タイプの TFT 方式では半導体の場合と同様に Si 膜へ Na イオンが侵入、拡散することを避けるために無アルカリガラスのみが使用されている。また、p-Si タイプの TFT 方式では 1000°C 以上の高温プロセスが必要であり、上記無アルカリガラスでは耐熱性が不足しているため、高価格ではあるが石英ガラスが使用されている。

各ディスプレイに使用されているガラスの一般的な特性を Table 3 にまとめて示す。これらのガラスは、今後のディスプレイの方式や製造工程の開発の進展により、現在とは異なったガラス種が要求されるようになるものと思われる。

これらのガラスの製板法には各種あるが、ソー

Table 2 Glass types for flat panel display

Display	Thickness of glass substrate (mm)	Glass type
VFD	1.3-2.8	Soda lime
PDP	1.1-2.8	Soda lime
ELD	1.1	Alkali free, Soda lime
TN-LCD	0.3-1.1	Soda lime, Borosilicate
STN-LCD	0.7-1.1	Soda lime, Borosilicate
MIM-LCD	1.1	Alkali free
TFT-LCD		
a-Si	1.1	Alkali free
p-Si	1.1	Silica glass

Table 3 Properties of typical glass substrates for flat panel display

Glass type	Soda lime	Low alkali	Alkali free	Silica
Alkali content (wt %)	13.5	6.5	0	0
Thermal expansion (/ °C) 50~350°C	87×10^{-7}	51×10^{-7}	45×10^{-7}	6×10^{-7}
Strain point (°C)	513	527	624	1000
Refractive index	1.52	1.50	1.54	1.46
Specific gravity	2.49	2.41	2.62	2.20
Young's modulus (kg/mm ²)	7500	7050	8060	7340
Bulk resistivity (Ω·cm) log ρ at 250 °C	6.6	8.0	14.6	11.4
Dielectric loss (tan δ) RT, 1MHz×10 ⁻³	9	8	1	0.1
Dielectric constant RT, 1MHz	7.5	5.9	4.5	4
Chemical durability (mg/cm ²)				
water*1	0.022	0.003	0.085	0.001
acid*2	0.008	0.001	0.128	0.001
alkali*3	0.057	0.055	0.040	0.032

* 1 95°C, 40Hrs * 2 0.01N HNO₃, 95°C, 20Hrs * 3 5 % NaOH, 80°C, 1 Hr

ドライムガラスはフロート法，低アルカリガラスはフロート法およびダウンドロー法，無アルカリガラスはフェュージョン法が代表的な製板方法である。各製板方式についての解説は他の報告^{5),6)}にゆずる。

各製板法によって生産されたガラス素材は，それぞれの用途に応じて所定の寸法に切断加工，面取り加工，熱処理加工，研磨加工，膜付加工等が施されてガラス基板として利用されている。

4. ガラス基板の表面処理

ガラス基板へ要求される品質仕様，特性は平面ディスプレイの種類や方式，製造プロセスによって異なり，多岐にわたっているが，代表的な項目を Table 4 に示す。

VFD では，ガラス素材をユーザー側で切断加工後必要により熱成型加工を施した後，透明導電膜として一般に SnO₂ 膜がコーティングされて使用されている。

PDP では，切断加工，面取り加工，必要により

Table 4 Specification items for flat panel display substrates

Dimension	Size, Thickness, Squareness, Chamfering, ...
Defect	Inner defect (Bubble, Stone, Devitrification, Streak, ...) Edge defect (Chip, Flare, Corner cut, ...) Surface defect (Scratch, Pit, Stain, Contamination, ...)
Flatness	Warp, Waviness, Roughness, ...
Thermal durability	Thermal expansion, Dimensional shrinkage, Strain, ...
Alkali extraction	Alkali content, Barrier coating, ...
Chemical durability	Water, Acid, Base, Fluoride, ...

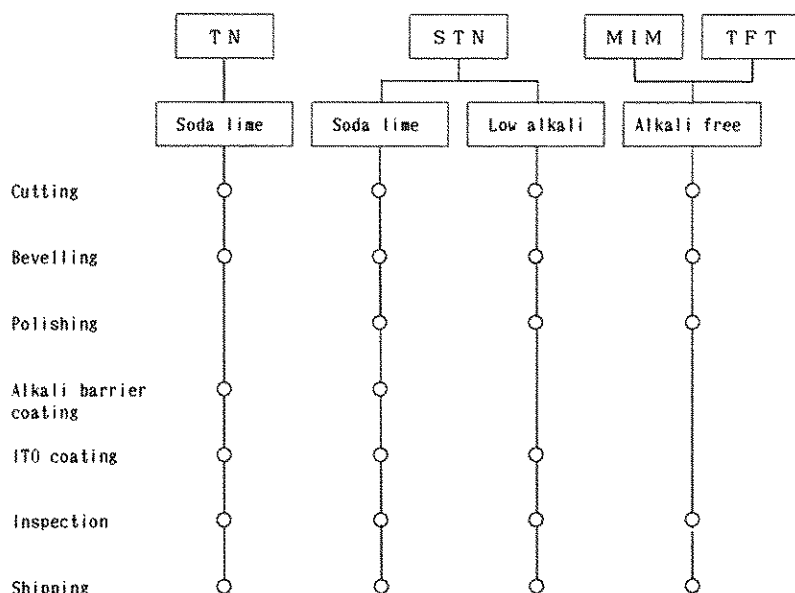


Fig. 3 Process flow for LCD glass substrates

ガス抜き用の穴開け加工の後、透明導電膜として SnO_2 膜または ITO (Indium Tin Oxide) 膜のコーティングを施して使用されている。

ELD では、切断加工、面取り加工、研磨加工の後、透明導電膜として ITO 膜のコーティングが施されている。

LCD では、方式によってガラス基板への要求加工度かなり異なっており、概ね Fig.3 に示す加工工程を経て使用されている。

以上の加工工程の内、ここでは表面処理として研磨加工および膜付加工を取り上げ、LCD 用基板を代表として以下に記す。

4.1 表面の研磨加工

一般に、ガラスの製板法によって、作られたガラス(素板ガラス)の表面性状は異なり⁷⁾、自ずと必要な表面加工法やそのレベルは異なってくる。また、LCD の表示方式により要求される表面性状も Table 5 に示すように異なっている^{7),8)}。このため、ガラス基板の製板法と LCD の表示方式の組み合わせによっては、平坦度や表面の傷などの要求仕様を満足させるために研磨加工が必要となる場合がある。特に STN 方式ではガラス基板の平坦度が TFT 方式では表面欠陥が重要であることから、多くのガラスが研磨して出荷されている。

現状の研磨加工は片面または両面研磨機を用いた、砥粒によるバッチ式の研磨が一般的であり、

Table 5 Flatness requirements for LCD substrates

Item	LCD type	Direct Matrix		Active Matrix	
		TN	STN	TFT	MIM
Warp	(μm)	< 300	< 250	< 100	< 100
Waviness	(μm)	< 0.3	< 0.05	< 0.3	< 0.3
Roughness	($\text{\AA}$)	< 300	< 300	< 100	< 100
Scratch	(μm)	< 50	< 50	< 5	< 5

(Substrate size : $300 \times 300 \times 1.1\text{mm}$)

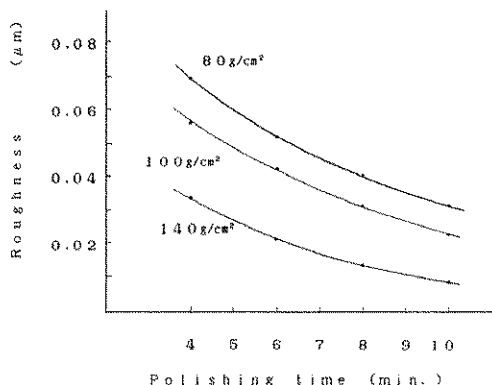


Fig. 4 Surface roughness R_{max} of soda lime glass substrate dependent on polishing time and polishing pressure.

生産性が悪く、労働集約型であるため研磨コストが高く、ガラス基板価格のかなりのウェイトを占めるという問題を生じている。このため、自動化、省力化を可能とする新方式の研磨機も検討されている⁹⁾。研磨精度に係わる要因として下記のように様々な要因が上げられるが、研磨時間を抑えて研磨コストを下げるのがポイントとなっている。

その一例として Fig.4 に研磨圧力、研磨時間とガラス表面の粗さの関係を示す。

- 1) ガラス； ガラス種、板厚差、偏肉、反り、平滑性、傷
- 2) 研磨機； 機種、定盤材質、回転数、揺動幅、揺動速度、研磨圧力、研磨時間
- 3) キャリア； 材質、厚み、反り
- 4) パッド； 硬度、厚さ、溝形状、溝ピッチ、溝深さ、目詰まり
- 5) 研磨材； 種類、粒度、粒径分布、硬度、

純度、分散剤、濃度、供給量、温度、pH

研磨されたガラスの表面性状は、一般的には接触式の表面粗さ計による粗さやうねりの評価、ナトリウム光干渉計による目視判定等が行われているが、LCD 用ガラス基板では表面性状が重要であるにも拘らず、その評価方法に決定的な方法や規格がないのが実状である。現在、(社)ニューガラスフォーラムや SEMI ジャパン等により、その標準化が検討されている。

4.2 透明導電膜付加工

ガラス基板を平面ディスプレイに利用する場合必ず表面に電極として、ITO 膜や SnO_2 膜等の透明導電膜が形成される。透明導電膜の種類や性能、成膜法については別の報告^{10),11)}に詳述されているが、LCD 用の膜に要求される特性としては、透過率が高いこと、抵抗値が低いことおよびエッチング特性が良いこと等が挙げられ、これらを満足し得る膜として ITO が使用されている。

ITO 膜の成膜法としては、真空蒸着法、スパッタリング法およびパイロゾル法が工業化されている¹¹⁾。ソーダライムガラスでは、前に述べたようにガラス中の Na イオンが溶出して Si 膜の性能に影響することを抑制するために、通常シリカ膜がアンダーコートされる。低アルカリガラスや無アルカリガラスではアンダーコートを施す必要がない。

LCD の大型化と高精細度化、カラー化が進むのにもとない、比抵抗が $2 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ 以下の低抵抗膜を 200°C 以下の低温で成膜するニーズが高まっており、対向ターゲット式反応スパッタ法¹²⁾、ECR プラズマスパッタ法¹³⁾、低電圧スパッタ法¹⁴⁾、アーク放電プラズマ法¹⁵⁾など、成膜方法や

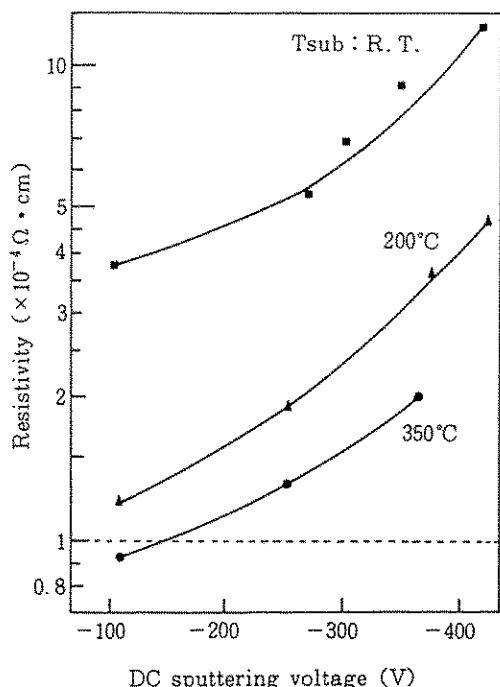


Fig. 5 Change of resistivity of ITO films according to sputter voltage and substrate temperature.

装置およびターゲット材の改良、工夫等により要求への対応努力が続けられている¹⁶⁾。

例えば、低電圧スパッタ法では Fig.5 に示すように、基板温度 200°C、スパッタ電圧 -110 V の条件で $1.2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ の比抵抗が得られている¹⁴⁾。

5. おわりに

今後大きな伸びが予想される平面ディスプレイは、LCD が中心となってカラー化、大型化、高精細度化がより進展していくものと思われる。それに伴いガラス基板への要求も、基板サイズ的大型化や薄板化、基板表面の高平坦化、平滑化や無欠陥化、清浄化をはじめとする諸性能の向上および低コスト化がいつそう求められるようになる^{5),7),17)}。

ガラスメーカーの課題として、ここで示した研磨加工や評価・検査の自動化によるコストダウンはもとより、研磨を不要とする製板技術や欠陥検査技術、透明導電膜の低温・低抵抗化技術の確立

等が挙げられる。さらに、ここでは特に記さなかったが、そのほかにもガラス基板の耐熱性、耐薬品性の向上等課題は多岐に亘っている。ユーザーである平面ディスプレイメーカーの協力のもと、これらの課題の解決に当たることがガラス基板メーカーの使命であり、ひいては平面ディスプレイの発展、市場の拡大に寄与することとなる。

参考文献

- 1) Peter Pleshko: Information Display, No. 9, P. 19 (1991)
- 2) 小林駿介: 表面科学, Vol. 9, No. 4, P. 236 (1988)
- 3) 例えば、青柳全: オプトロニクス, No. 2, P. 119 (1989)
- 4) T. Yukawa et al.: Proceedings of The Third International Symposium on New Glass, P. 71 (1991)
- 5) 若崎定男: 電子材料, 2 月号, P. 42 (1992)
- 6) 入江正教: ニューガラス基礎講座, ニューガラスフォーラム, p. 249 (1989)
- 7) 玉村亮: New Glass, Vol. 6, No. 2, P. 206 (1991)
- 8) ニューガラスハンドブック, 丸善, p. 405 (1991)
- 9) 例えば、特開平 2-83150
- 10) 田畑三郎: New Glass, Vol. 3, No. 3, P. 25 (1989)
- 11) 小野寺育男: New Glass, Vol. 7, No. 2, P. 135 (1992)
- 12) 星陽一、直江正彦: 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 72-C-II, No. 4, P. 231 (1989)
- 13) 田中雅彦、井上卓: 応用物理学会・応用電子物性分科会研究報告予稿集, No. 422, P. 7 (1988)
- 14) 石橋暁: 機能材料, Vol. 12, No. 6, P. 29 (1992)
- 15) 高木悟、原納猛、重里有三: 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 90, No. 190, P. 29 (1990)
- 16) 石橋暁、中村久三: フラットパネル・ディスプレイ'90, 日経 BP 社, P. 257 (1989)

- 17) 岩井浩也：フラットパネル・ディスプレイ
'92, 日経 BP 社, P. 198 (1991)

〔筆者紹介〕



上村 宏 (うえむら ひろし)
昭和44年 早稲田大学理工学部資
源工学科卒業
同 年 セントラル硝子㈱入
社
現 在 同社硝子技術部研究グ
ループ主席技術員

〔連絡先〕

〒101 東京都千代田区神田錦町3-7-1
セントラル硝子㈱硝子技術部
TEL 03-3259-7353

Abstract

In recent years, market demand for thin and light weight display devices such as LCD, PDP, VFD and ELD have been rapidly on the increase. Surface processed flat glass is widely using for the flat panel display industry as substrates. Polishing of glass surface and transparent electro-conductive film coating onto the glass surface are particularly important processing to satisfy the requirements for glass substrates.

Types and properties of glasses, required specifications and technology of glass surface processing for substrates were reviewed.