

液晶用熱処理装置の技術動向

Technical Trends of Heat Treatment Equipments for LCD

木村博文 H. KIMURA

Appliances and machines that we use in a daily life, such as automobiles, cellular phones, home electronics, and information terminal devices are composed of numerous components. Such components invariably go through a heat treatment process. This paper introduces technical trends of rapid carburizing furnace, large-class glass substrate heat treatment equipment for LCD and semiconductor heat treatment equipment.

Key Words: liquid crystal, color filter, clean heat treatment, thin film, display, robot

1. はじめに¹⁾²⁾³⁾

フラットパネル・ディスプレイ(以下FPDと称す)産業に一大転換点が訪れる。製造面では、テレビ向けフラットパネルが中心となり、技術面では、高画質化と従来のディスプレイ並みの低コスト化が進む。経営面では、新たなビジネスチャンスが生まれ、工場投資の考え方が変わりつつあり、液晶パネルやプラズマディスプレイ(以下PDPと称す)だけではなく、有機ELディスプレイもテレビ向けの事業化を目指すようになってきている。このように製品、技術、経営のすべてが変わる中、研究レベルは3次元ディスプレイ、電子ペーパーなどさらに一步先のポストテレビに向けて胎動が始まっている。これまでのコスト競争時代から技術で競合との差別化をはかる時代になってきており、市場動向(ニーズ)をいち早くキャッチした商品開発が、ディスプレイ事業の雌雄を決めると言っても過言ではない。

ここでは、最近めざましい発展を遂げているFPDの市場動向と液晶ディスプレイの製造工程の中で特に熱処理技術・熱処理装置に注目し、光洋サーモシステム(以下KTSと称す)の製品技術も含めレビューする。

2. 市場動向¹⁾²⁾³⁾

2.1 FPDテレビの市場動向

2003年国内テレビ出荷統計(JEITA発表)によると、図1からわかるように液晶テレビとPDPテレビを合わせたFPDテレビ市場割合は、出荷額でCRTテレビを抜いた。一方、出荷台数はFPDテレビが177万台、CRTテレビは716万台と上回っているが、逆転するのも時間の問題で、FPD

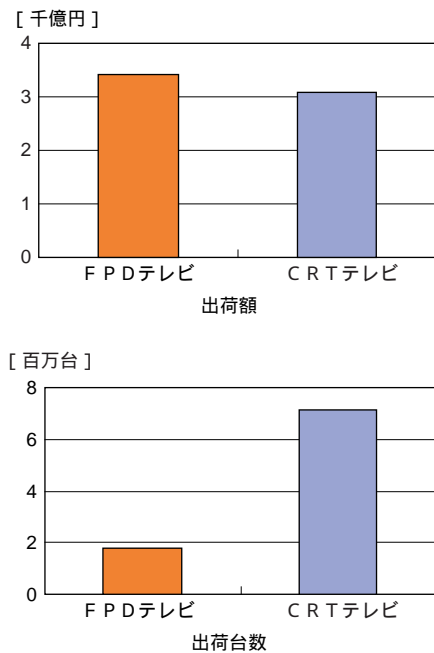


図1 FPDテレビとCRTテレビの日本市場における比較

Comparison between FPD and CRT televisions in Japanese market

Dの市場としては非常に大きく、魅力のある市場と言える。

次にアプリケーションの形態からみると、大型から中型のCRTテレビやパソコンディスプレイでは、フラット化が加速し、中型から小型のパソコンやモバイル機器においては、テレビ機能を組み込んだものが主流となりつつある。大型のFPDテレビの普及は、オリンピックやサッカー・ワールドカップなどのスポーツイベントに向けての放送インフラストラクチャの整備が進められていることに依存する。特に日本の地上波デジタル放

送は、2003年12月より関東、中京、近畿の3大都市圏で既に始まっており、2006年までには全国で見ることができるようになる。ちなみに米国では、テレビに地上波デジタル・チューナを搭載することが義務付けられている。一方、中型から小型においては、IT化に伴い携帯電話やPDAなどのモバイルが大きく普及していることは、言うまでもない。

2.2 液晶用ガラス基板の動向

TFT (Thin Film Transistor) に代表される液晶における世代の呼び方と生産稼働開始時期、ガラス基板サイズなどをまとめたものを表1に示す。1991年より第1世代が始まって、ほぼ3年毎に1世代ずつ世代が進化し、2004年現在では第5世代もしくは第6世代が稼働している状況である。世代の進化に伴い、基板サイズも大きくなっている。第1世代では、 $300 \times 350\text{mm}^2$ 程度であったガラス基板も、第4世代より大型テレビの普及と効率的生産の観点から拡大スピードが加速され、第6世代では $1500 \times 1800\text{mm}^2$ 程度、第7世代では $1870 \times 2200\text{mm}^2$ 程度となっている。今後もガラス基板の大型化が進むと予想される。これは、1枚のガラス基板から多くのパネルを取り出すことにより、生産効率を向上させ、パネルコスト削減を計るためである。

表1 今後の具体化しているサイズも含めた TFT世代の呼び方 (日本アイ・ピー・エム 北原洋昭氏データ)

The specific way to call each TFT generation considering size of substrate

第1世代	1991年稼働開始, $300 \times 350\text{mm}^2 \sim 320 \times 400\text{mm}^2$
第2世代	1994年稼働開始, $360 \times 465\text{mm}^2 \sim 410 \times 520\text{mm}^2$
第3世代	1996年稼働開始, $550 \times 650\text{mm}^2 \sim 650 \times 830\text{mm}^2$
第4世代	2000年稼働開始, $680 \times 880\text{mm}^2$ および $730 \times 920\text{mm}^2$
第5世代	2002年稼働開始, $1000 \times 1200\text{mm}^2 \sim 1100 \times 1250\text{mm}^2$
第6世代	2004年稼働開始, $1500 \times 1800\text{mm}^2 \sim 1500 \times 1850\text{mm}^2$
第7世代	2005年以降稼働予定, $1870 \times 2200\text{mm}^2$

雌雄を分ける半導体用シリコンウエハと比較すると、1980年代150mm(6インチ)であったシリコンウエハも現在では300mm(12インチ)になっているが、液晶はもともとジャイアントエレクトロニクスと呼ばれる大きな素子であり、ガラス基板サイズは桁違いに大きく、かつ基板面積の拡大スピードも明らかに速い。

3. 熱処理技術・熱処理装置の変遷¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

液晶ディスプレイの製造工程における熱処理は、プロセスの中心と位置づけられる成膜や、フォトリソグラフィ工程などそれらに使用される真空成膜装置やコーター、露光装置と違い派手さはないが、各々のプロセスの品質確保に重要な要素をもっている。カラー液晶に使用されるカラーフィルタの主な製造工程を図2に示す。具体的には、成膜工程前後のアニールやレジストのポストバーク、配向膜の硬化やシール剤の本硬化、液晶アニールなどが主な処理である。

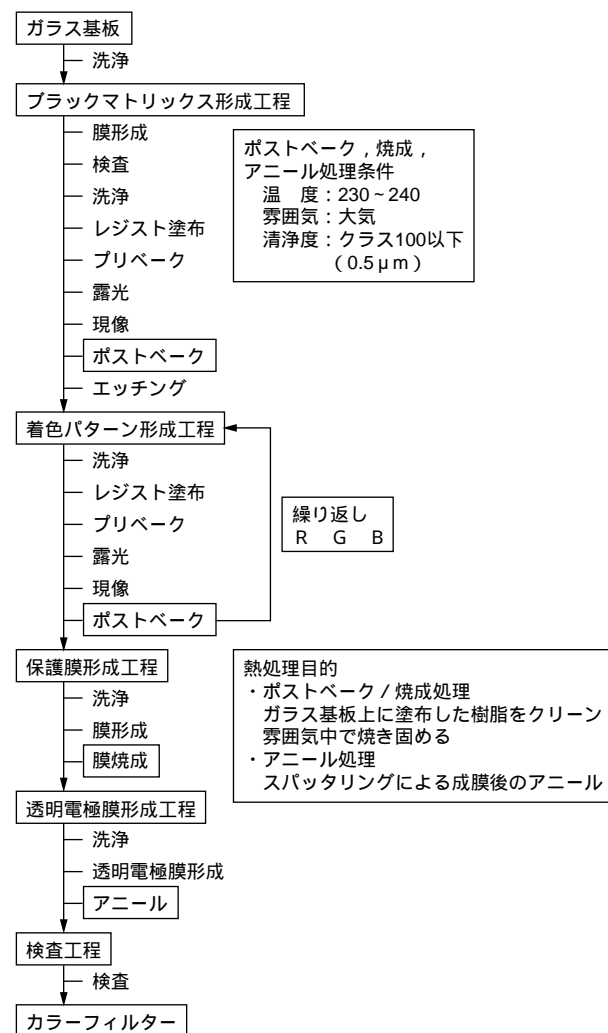


図2 カラーフィルタの主な製造工程
Manufacturing process of color filter

熱処理装置としての性能は、槽内温度均一性、短時間昇降温といった温度要因だけでなく、液晶プロセスとして当然要求される、パーティクル性能が必要とされる。これらの性能を最適化した上で、小フットプリント化、装置の低価格化を図ることが市場要求である。

ここでは、ガラス基板の大型化に伴う熱処理技術、熱処理装置について述べる。

3.1 加熱方式

電気加熱方式を分類すると、抵抗加熱，誘導加熱，アーク加熱，電子ビーム加熱，プラズマ加熱ならびにそれらの組合せからなる。物体間に温度差があれば，高温部分から低温部分へ熱の移動が起こる。この現象を一般に伝熱と総称する。伝熱は複雑な機構であるが，基本的には放射・対流・伝導の3つに区分される。伝熱方式は，表2に示すように主にIR式，ランプ式，熱風循環式，ホットプレート式の4つがあり，どの方式を採用しても熱処理は可能であるが，各方式には一長一短がある。デバイスメーカーの思想や実績，使用材料により選択されるが，ここではプロセス大半の熱処理をカバーできる熱風循環式装置に絞り述べる。

3.2 熱風循環式熱処理装置

3.2.1 第1世代から第3世代まで

第1から2世代前半までの基板サイズにおいては，バッチ処理方式(バッチ式)による熱処理が主流であった。液晶製造ラインは，熱処理工程以外すべて基板が1枚ずつ各工程を流れる枚葉式であるが，熱処理工程でバッチ処理となるため，製造ラインは枚葉式 バッチ式 枚葉式で構成されていた。枚葉式での受け渡しとした場合，カセット搬送でのカセットへの収納，カセットリターンといったローダー・アンローダの周辺装置を必要とし，装置価格を押し上げる要因となっていた。

この問題を解決するために，第2世代後半から第3世代対応機種として，縦型枚葉式装置(VXシリーズ・VWBシリーズ)を開発した(図3，4)。本装置は，シロッコファンとシースヒータおよび高温HEPAフィルターを装着したサイドフロー式熱風循環加熱方式の連続クリーンオープンである。加熱室内の基板搬送は，特殊ビームを使用した昇降による間欠枚葉送り機構を採用している。基板サイズに対しては，幅可変機構を備え，段取り替えすることにより，VXシリーズは300～400mm，VWBシリーズは550～650mm幅に対応できる。基板の流れは，枚葉基板をシャトル方式のローダ装置で加熱室内に挿入し，上昇，横送り，下降，アンローダで排出する。また，AGV(Automated Guided Vehicle)使用によるカセットツカセット方式を採用しているメーカーも多く，これはロボットによる搬送(挿入，排出)が不可欠となる。



図3 縦型枚葉式(VX型)クリーン炉

Vertical single substrate transfer-type continuous clean oven (VX type)

表2 伝熱方式による比較(液晶薄膜処理として)

Comparison of performance among heat transfer systems (for LCD thin film treatment)

加熱方式	IR式	ランプ式	熱風循環式	ホットプレート式	
装置形態	多段枚葉式	連続式	多段枚葉式	多段枚葉式	
加熱性能	加熱方向	面加熱	面加熱	辺方向加熱	面加熱
	熱効率	~			~
	基板面内温度分布(均熱時)			~	~
	基板面内温度分布(昇降温時)			~	
	温度制御の容易性	~			
選別加熱(薄膜のみを加熱)	~ x	~	x	x	
ヒーター寿命/価格					
クリーン性能(装置全体として)		~			
静電気			~	~	
雰囲気処理対応(低酸素濃度処理)	~	~	~	~	
レジスト処理対応(副生成物が発生)	~ x	~ x		~ x	
基板大型化対応	~	~ x	~		
装置価格	~				

記号説明： :優 :良 :可 x:不可



図4 縦型枚葉式(VWB型)クリーン炉

Vertical single substrate transfer-type continuous clean oven (VWB type)

3.2.2 第4世代以降

基板の大型化がどこまで続くのか予測し難く、ターゲットとなる基板サイズを何 m^2 にするかは装置メーカー毎で異なるため、大型化が進んだ場合にも、基本設計や装置コンセプトを大きく変更しなくてすむ装置設計が基本となる。そこで、ユニット単位で構成されている装置においては、大型化や顧客要求に対して、ユニット自身またはその組合せの設計変更で対処する手法を採用している。

前述したように、液晶用ガラス基板の大型化周期が短周期であり、大型化に対応するための装置開発期間を確保することは難しく、製作しても装置の熟成を待つ前に市場供給するというリスクを常に抱えているのが現状である。基本構想は、開発要素を最小とするマルチパーパス的な考えをベースに行うため、要求仕様に対して、必ずしも最適化した装置といえない場合もある。

次に装置の信頼性を向上するためには、ガラス基板の大型化に伴う基板重量の増加、薄板化に伴う自重たわみの増加などで、人間が持ち運べるレベルでなくなったガラス基板をいかに早く安定して運べるかが課題となる。よって装置メーカーの選択は、基板搬送用ロボットを最大限に使用することであり、ロボットを核としたユニット単位の装置設計へと進化していった。

3.3 クリーンバッチシステム

このたび当社(KTS)にて開発した第7世代対応まで対応可能なクリーンバッチシステム(図5, 6)について紹介する。このシステムの主なコンセプトは、以下の通りである。

【基本コンセプト】

液晶、カラーフィルター、ELなどのクリーン加熱プロセスに対応(清浄度クラス100 [粒子径 $0.5\mu m$ 以下, 230~240])

第7世代までの大型ガラス基板($1870 \times 2200mm^2$)への対応可能



図5 第4世代以降の基板対応クリーンバッチシステム(CBSシリーズ)

Clean batch system (CBS series) complying to substrate after 4th generation



図6 第4世代以降基板対応クリーンバッチシステム(CCBSシリーズ)

Clean batch system (CCBS series) complying to substrate after 4th generation

各機能ユニットの組み換えだけでフレキシブルな装置レイアウトが可能

- ・オープンユニット
- ・基板冷却ユニット
- ・基板搬送ユニット(走行付ロボットユニット, コンベアユニット, ラインカセットステージなど)

生産量に応じた最適化システム構築が可能(月産5000枚~月産90000枚)

基板ダメージを軽減する高信頼搬送システムの採用

なお、このシステムは、以下の対策に取り組み、大型ガラス基板対応の熱処理装置として完成度を向上させている。

チャンバーの熱膨張対策

ガラス基板の炉内収納ラックの狭ピッチ対策

ガラス基板投入・取出しシャッター機構

基板冷却時の面内温度分布均一性向上対策

装置大型化に対する物流対策

表3 マザーガラスサイズとKTS熱処理装置(フットプリント)の関係
The relation of KTS' heat treatment equipments to the size of mother glass

当社代表装置とした場合の
装置面積(ロボット含まず)

世代	熱処理装置面積(m ²)=幅(m)×奥行き(m)	ロボット専有面積(m ²)	ロボット専有比率	熱処理装置変遷	
第1世代	1.95	1.6 × 1.22	1.44	0.42	平面枚葉送り装置やバッチ式
第2世代	1.95	1.6 × 1.22	1.44	0.42	平面枚葉送り装置や縦型連続送り装置
第3世代	2.50	1.75 × 1.43	1.96	0.44	多段枚葉装置
第4世代	4.63	2.6 × 1.78	2.89	0.38	多段枚葉装置
第5世代	6.54	3.0 × 2.18	4.84	0.43	多段枚葉装置
第6世代	9.52	3.5 × 2.72	8.41	0.47	多段枚葉装置
第7世代	12.00	3.9 × 3.07	12.25	0.51	多段枚葉装置
(第8世代)	15.7(予測値)	4.3 × 3.57	16.8(予測値)	0.52	(?)
(第9世代)	20.4(予測値)	5.0 × 4.07	22.1(予測値)	0.52	(?)

3.4 新たな技術課題

世代進化に伴う当社の熱処理装置面積，ロボット占有面積などについてまとめたものを表3に示す．世代が進み第3世代以降は，熱処理装置長さを短縮するために，ガラス基板を縦方向に配置する多段熱処理装置と三軸ロボットを組み合わせた装置へと変遷した．第7世代の熱処理装置を第1世代と比較すると，熱処理装置面積で約6倍，ロボット占有面積で約8.5倍と装置は巨大化した．装置レイアウト比較(図7)を見ると一目瞭然で，物流面を考慮すると，現状の装置構造では第7世代装置が限界と考える．今後基板の搬送方式，熱処理方式などにおいて省エネ・省スペースの切り口での画期的な技術革新が必要となる．

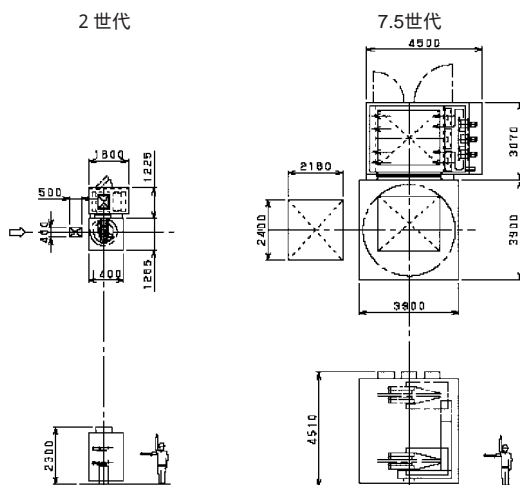


図7 代表的な装置レイアウト
Layout of typical devices

4. おわりに

液晶市場の活性化には，装置メーカーが設備価格を低減し，パネルメーカーが安いパネルを市場供給

できる環境づくりに参画しなければならない．需給バランスによるパネル価格変動の影響や競合メーカーとの熾烈な価格競争など，非常に厳しい業界であり，継続したコスト低減を計っていかなければならない．ガラス基板を温めて冷ます……エネルギー消費，環境保護に対し，熱処理は大きなウェートを占める存在である．21世紀は，地球環境・省エネルギー・省スペース・安全をキーワードとして新商品開発につとめ，地球規模での環境保護に貢献できる商品づくりに邁進していく．

参考文献

- 1) 日経BP社：フラットパネルディスプレイ 2004年 戦略編．
- 2) 河本 浩：クリーンテクノロジー，vol. 11，no. 4(2001)．
- 3) 河本 浩：ニューセラミックス&エレクトロニクス・セラミクス(1995)．
- 4) 光洋サーモシステム株式会社：カタログ「FPD用熱処理装置総合」，SK-403.5.04.5.5000．

筆者



木村博文*
H. KIMURA

* 光洋サーモシステム株式会社
取締役 技術開発部