

# ガラス基板の洗浄について

## —LCD ガラスの洗浄—

島田理工業株式会社 研究開発部

本 多 覚

### Cleaning for LCDglass

#### 1. はじめに

パソコン向けのLCDモニターは、ビジネス向けから個人向けへと急速に市場が拡大し、最近ではカラー表示の携帯電話やテレビのデジタル放送等、今後ますます需要は高まると言われている。LCDモニターはCRTと比較し軽量、省スペース、省電力が大きな特徴で、今後CRTに置き変わるべく発展進化している。

めまぐるしく被洗浄物に変化し、その変化に対応する装置をユーザーの技術者と作り上げてきた。これまで蓄積したウェット洗浄技術と、今後低価格化・高精細化が進むと同様に大型化するLCD基板に対応するウェット洗浄技術を紹介する。

#### 2. 洗浄の目的

洗浄の目的は、表面からの汚染の除去である。デバイスの微細化が進行するに従って表面の汚染がデバイスの信頼性や歩留まりに直接影響をおよぼすようになり、微細なパーティクル、金属汚染などの除去が重要な課題となる。一般に除去されるべきパーティクルの寸法はデ

ザインルールの数分の一から十分の一ともいわれており、LCD工程ではミクロンオーダーのパーティクル除去に重点がおかれている。

#### 3. 洗浄システムの構築

##### 1) 基本要素

“洗うこと”の基本は「**洗浄**—**リンス**—**乾燥**」の3要素である。LCD基板の洗浄においては、洗浄を効果的に行うための前処理、次工程で必要な表面状態（密着性、ect）にするための処理が加わり「**前処理**—**洗浄**—**リンス**—**乾燥**—**後処理**」の5要素としてシステム構築すべきと考える。

##### 2) システム構築行う時の留意点

「除去対象汚染物と洗浄目的、洗浄レベルをつかむこと」

洗浄物の汚れ具合はどうか？対象異物が有機物なのか無機物なのか？密着しているのか乗っただけなのか？汚れは何時ついたのか？ガラスそのものの欠陥はどうか？ガラスのその工程まで来る履歴についても知っておく必要がある。これらを把握し、どの要素技術で洗浄するか決定する。その結果、工程に必要な品質を作り出すことができる。

次に重要なのは、基板状態（デバイス構造）との関係である。今、LCD工程のどの段階で、

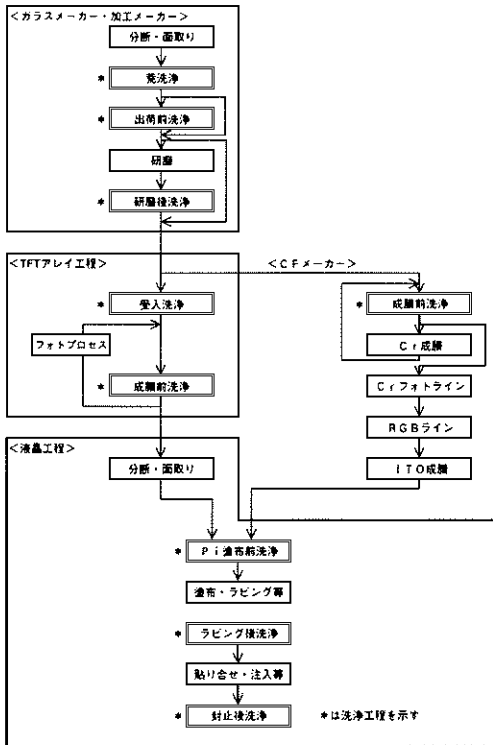


図1 「TFT用ガラスの流れ」

どのような表面状態で前処理あるいは後処理としての洗浄を行おうとしているかを把握する必要があります。TFTアレイ工程では、金属膜など

が存在する場合、使用する薬液によってそれらが腐食されるかを知った上で洗浄シーケンスを決める必要がある。

図1に「TFT用ガラスの流れ」・表1に「表面汚染の分類と除去方法」を示す。

#### 4. バッチ処理と枚葉処理の特徴

LCDの洗浄装置には基板をカセット単位で処理するバッチ式と、1枚ずつ洗浄する枚葉式がある。次にその特徴と工程をのべる。

##### 1) バッチ式洗浄装置

汚れを洗浄液へ拡散させて洗浄する方式が基本である。物理力は与えにくい処理時間がとれ、化学力による効果を期待できる洗浄方式である。

<長所>①洗浄用カセットを使用するため、カセット内の工夫によりガラスサイズの対応が簡単に行える。②処理時間が長く取れるため、酸・アルカリ等の化学処理に適する。③安定的処理温度が得られ、槽開口面積が少なくカセットレス方式であれば、薬液の消費量が枚葉式と比較して少ない。④高スループット(20枚/カセット、タクト3minであれば9sec/枚)⑤

表1 「表面汚染の分類と除去方法」

汚染区分	汚染物質	除去方法	
		物理力	化学力(使用液・ガス)
有機物	オイル、ワックス、レジスト残渣、指紋など	・ブラッシング ・シャワー ・D i p	・有機溶剤 ・界面活性剤 ・酸化処理 ・アルカリ
酸化物除去	自然酸化膜	・シャワー ・D i p	・H F水溶液
金属不純物	F e、N i、C r、A u、C u、A g等	・シャワー	・酸処理
粒子状不純物	パーティクル	・超音波 ・ブラッシング ・高圧シャワー ・B J(2流体シャワー) ・L S(850kHz超音波)	・純水 ・機能水 ・有機溶剤
イオン性残渣	イオン性有機物、イオン性無機物	・超音波 ・高圧シャワー ・B J(2流体シャワー) ・L S(850kHz超音波)	・純水 ・機能水 ・有機溶剤 ・界面活性剤

ガラス表裏面の洗浄ができ、枚葉式のような搬送ローラーによる裏面後残りは無い。

<短所>①一般的には処理用カセットが必要である。②物理力がほぼ超音波のみとなる。③カセット及びガラスによるキャリーオーバー（前槽の液の持ち込み）が多く、ガラスへの再付着が起きやすい。④基板の高さ寸法により液深が決まり、装置全高が高くなる。

<工程>

純水・酸・アルカリ+超音波 Dip→純水リンス→IPA<sub>v</sub>/p・温純水引上げ・温純水引上げ+熱風

2) 枚葉式洗浄装置

1枚毎の処理可能なため、現在の主流となっている

<長所>①1枚毎の処理のため、ブラシを代表とする各種洗浄ツールによる物理力利用が可能である。②ガラスにはフィルターリング回路により常にフレッシュな液を供給できる。汚染物の再付着が起きにくい。

<短所>①搬送ローラー材質等の検討は行われているが、裏面跡残りの問題がすくなく残る。②スルーボット・フットプリントはバッチ式に比べやや劣る。

<工程>

HO 水→洗剤ブラシ+BJ→LS→AQK→AK・スピン乾燥→IR・UV

\*HO：ヒドロキシラジカル水，BJ：バブルジェット（2流体洗浄），LS：ラインシャワー（850 kHz 超音波印加シャワー），AQK：アクアナイフ（スリット状シャワー），AK：エアナイフ（風量タイプ）

5. 各洗浄技術の役割と特徴

先に述べたように、LCD 洗浄装置の搬送方式は枚葉式とバッチ式がある。ガラス基板の大型化・各種プロセス対応が可能のため、現在主流になりつつある枚葉式の洗浄技術について現在取り組んでいる課題を含め説明する。

1) ヒドロキシラジカル洗浄技術

被洗浄物表面の濡れ性を改善することにより次工程での洗浄効果を上げることができる。ヒドロキシラジカル洗浄法は、従来のアルカリや酸などの薬液を使用せず、被洗浄物表面の有機物を除去する洗浄法である。この洗浄法は、オゾンガスを純水に溶解させて生成した、ヒドロキシラジカル（・HO）とヒドロペリオキシラジカル（HO<sub>2</sub>・）の作用により、有機物を最終的には炭酸ガスと水に分解する働きを利用している。図2に・HOとHO<sub>2</sub>・の生成する反応式を示す。

O<sub>3</sub>を水中に溶解させると、水中の水酸基イオン（OH<sup>-</sup>）による塩基触媒反応により酸化力の強い・HO, HO<sub>2</sub>・が生成される。この両ラジカルと未溶解のO<sub>3</sub>が被洗浄物表面の有機物を酸化し、酸化物を純水中に溶解除去する。この塩基触媒反応は温度条件、PH条件をコントロールすることにより、洗浄効果を上げることができる。図3に当洗浄法と純水、アルカリ洗剤による洗浄効果（パーティクル除去能力）の比較を示す。洗浄前処理として、純水・アルカリ洗剤・ヒドロキシラジカル水をかけた後に洗浄を行い効果を比較した。テストサンプルに

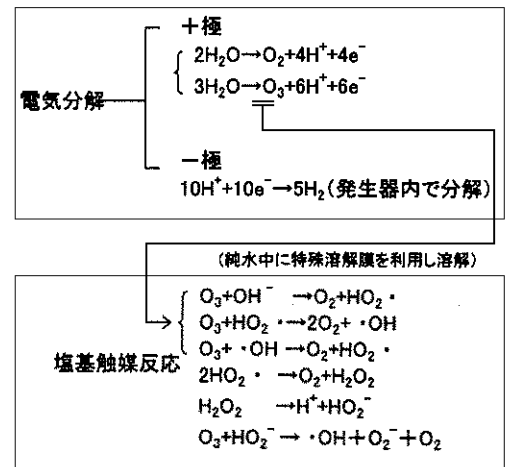


図2 ヒドロキシラジカル（・OH），ヒドロペリオキシラジカル（HO<sub>2</sub>・）の生成式

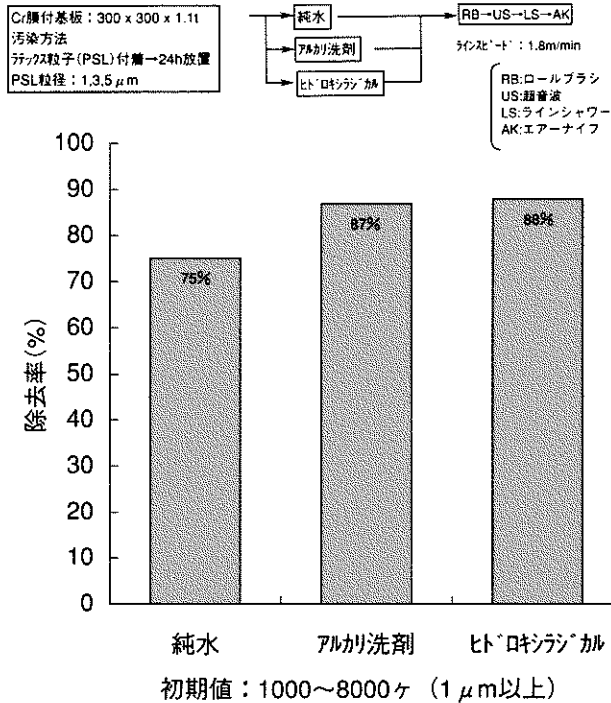


図3 ヒドロキシラジカル洗浄とその他の洗浄法の比較

は、液晶用ガラス基板 (Cr 膜付：300×400×1.1 tmm) にポリスチレンラテックス (PSL) 粒子を散布したものをを用いた。この結果から、ヒドロキシラジカル洗浄にはアルカリ洗剤を用いた場合と同等の洗浄効果があることがわかる。

使用された洗浄液は、リンス水と混合され低濃度となり、時間経過と共にラジカル成分は水に変化していく。

## 2) バブルジェット洗浄技術

従来液晶用ガラス基板の洗浄方法として、ブラシなどを直接に接触させる機械的な方法や、超音波によるキャビテーションなどの物理的な方法が利用されてきた。また、これらの洗浄法は洗剤を併用して使用される事が多い。年々基板が大型化するに従って、使用される配線材料は低抵抗な Al 系の採用が増加している。それは、デバイスプロセスの配線形成工程で、配線が細く長くなっているためである。このような

配線は柔らかく、腐食しやすい。従来のブラシなどを直接に接触させる機械的な洗浄により発生するキズ、アルカリ洗剤などの薬品を使用した洗浄での腐食等、ダメージを受けやすく問題となっていた。このような配線形成工程ではバブルジェット洗浄法が採用されている。当洗浄方式は、ブラシ洗浄のように直接基板に触れることなく、またアルカリなどの薬品を使用せずに、主に純水のみで洗浄ができる。また大量な循環量は、洗剤仕様プロセス時でも十分なリンス性を発揮する。

従来の非接触洗浄方式として、高圧ジェット洗浄方式がある。この方式はプランジャーポンプ等の高圧水発生ポンプにより水を高速で、被洗浄物に噴射、衝突させ、水圧、水流によるせん断力を利用して、被洗浄物上の粒子を除去するものである。この方式のような連続的な圧力のみでは、微細粒子 (例えば 1~3 μm 未満) の除去には十分な効果を得ることが難しい。効

果を上げるために、水圧を上げると被洗浄物にダメージを与えやすいという問題がある。これに対して、バブルジェット洗浄方式は液体と気体を混合し、液体を微小な液滴にして加速し、それを被洗浄物に噴射し、洗浄するものである。この洗浄方式は断続的な液滴の衝突による衝撃力を利用して異物を除去するもので、1~3 μm 未満の粒子の除去にも充分な効果を示す。図4に低周波(39 kHz)の超音波洗浄(US)、高周波(850 kHz)のラインシャワー洗浄(LS)、高圧ジェット洗浄(HJ)とバブルジェット洗浄方式(BJ)の粒子除去効果の比較結果を示す。この結果から、バブルジェット

洗浄法が、他の洗浄法と比較して高い異物除去能力があることがわかる。

バブルジェット洗浄法は、薬液を使用せず、純水と気体(空気、窒素等)のみで高い異物除去効果が得られる環境負荷の軽い洗浄方式である。図5にバブルジェットによる基板上的異物除去の様子を示す。

3) LS・AQK 洗浄技術

ラインシャワー(LS)は、1 μm 前後のパーティクル除去を目的としている。スリットシャワーに850 kHz, 2.1 kW (W650 基板)超音波振動子印加した構造となっている。最終リンスシャワーがアクアナ이프(AQK)と呼ぶ工程

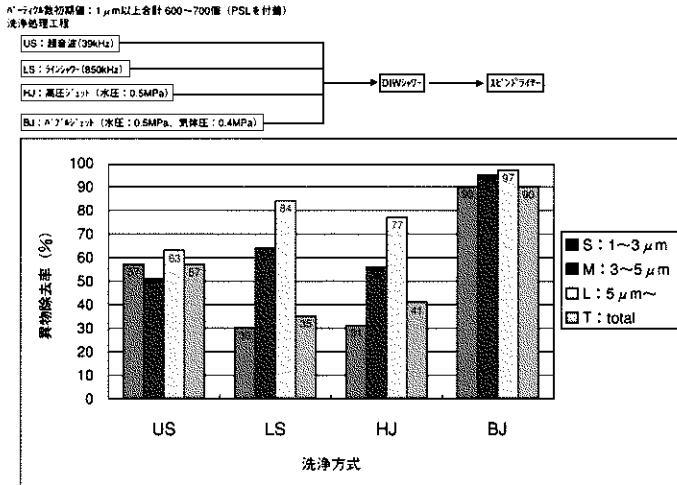


図4 各種非接触洗浄方式の比較

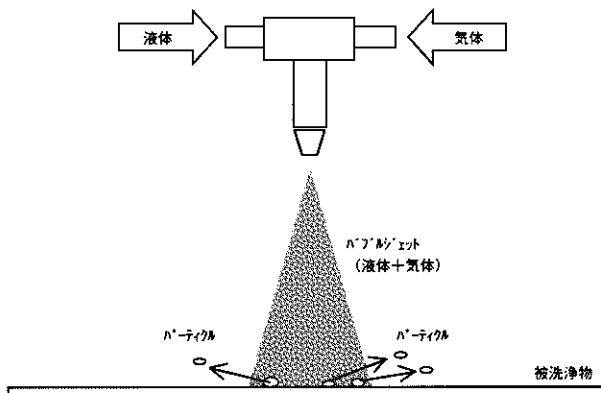


図5 バブルジェット洗浄

で、ユーザーの直純水をフィルターリングスリットシャワーでリンスする。

#### 4) 乾燥技術 1

乾燥には大量の空気をスリットから吹き付けて水分を吹き飛ばすエアークナイフと、基板を高速で回転で回転して遠心力で水分を飛ばすスピンドル乾燥がある。

スピンドル乾燥は基板のサイズアップによる装置の大型化・コストアップやミスト不良が懸念される。また、基板割れが発生した時のメンテナンスも大変である。

エアークナイフ乾燥は基板が割れる心配がなく、安定性に優れ、低コスト・省スペースでスループロットが高い。スピンドル乾燥にも共通するが加熱による乾燥に頼らないため急速な蒸発がなくシミの発生が少ない。また水分の凝縮が無く、水分中の不純物の残渣がシミとして発生しないことも特徴である。一方、エアークナイフは乾燥状態を心配する次のような意見がある。①一般的に洗浄部とエアークナイフ部が連続してつながっている。ガラスを連続処理することによりチャンバー内にミストが滞留し、ガラスに再付着することによりパーティクル量が多い。特に複数本のエアークナイフで液切りを行った場合、エアークナイフ間に残った水の挙動は巻き上がりを起こす。②一般的に高い圧力 (0.1~0.2 MPa) の気体を基板表面にぶつけるため、スピンドル方式と比較して帯電量が多い。

これらを解決するために、従来から1本切りのエアークナイフを採用してきた。エアークナイフは数本のエアークナイフを利用して、エアークナイフのスリットギャップを狭く、圧力を高くシャープに液切りする「風速タイプ」とエアークナイフは一本でエアークナイフのスリットギャップは広く、圧力は低く、風の帯で液切りする「風量タイプ」に大別される。弊社は風量タイプを採用している。低圧 (0.05~0.1 MPa)

で、幅の広いエアークナイフの帯で水を押しよけるため、基板の表面状態による影響されず液切りが可能である。また、チャンバー内の気流の工夫により、パーティクル増加量・帯電量は改善され、スピンドル乾燥の性能と並ぶようになってきた。

#### 5) 乾燥技術 2

年内にはパネルメーカーにおいて、第4期1M角サイズ基板のライン計画が実現しそうである。1M角基板の搬送スピードは、セル工程では4~6 m/minの搬送速度が予想される。高速搬送での液切りに対応するため、新型のエアークナイフを実験用装置に取付け評価した。従来型との主な変更点は①本体エアークナイフ容積の拡大②スリットギャップ見直し③基板との距離最適化④基板搬送の安定化である。評価の結果、素ガラス・CFガラス・TFTガラスいずれにおいても、6 m/minで液切り可能なことを確認した。

## 6. おわりに

今後LCDモニターの大画面化・高精細化・低価格化に伴い、液晶装置は、更なる高スループロット・高クリーン化・低環境負荷の方向に進んでいる。装置価格の低減や信頼性向上、メンテナンス性向上も重要である。これらの装置メーカーに与えられているテーマについて、ユーザーと協調をとりながら解決し、より良い装置を提供していきたいと考える。

## 参考文献

- 1) 阿部：“環境保全を考慮した半導体および液晶製造用洗浄技術” M & E 2000年11月号 p 228~233 (株)工業調査会
- 2) 竹見 健：“オゾン利用の理論と実際” p 5~14, (株)REALIZE (1989.10)
- 3) 前田和夫：“はじめての半導体製造装置” p 106~110, (株)工業調査会