

高効率生産を実現する 大型液晶ディスプレイ製造・検査装置

Manufacturing and Inspection Equipment to Achieve Efficient Production for Large-size LCD

南 博文 森 順一 岩井 進
Minami Hirofumi Mori Junichi Iwai Susumu
樋渡 正太郎 渡部 成夫
Hiwatashi Shotaro Watanabe Naruo

大型液晶ディスプレイはPC用からテレビ用へと用途が広がり、特にテレビ向けでは、CRTからの置き換え、アナログ放送からデジタル放送への切り替えにより、世界的に普及が加速している。

テレビ用大型液晶ディスプレイは、バックライトのLED（発光ダイオード）化や3D対応により、今後も大型化が進んでいくと予想される。大型液晶ディスプレイの低コスト・高効率生産実現のため、最先端の量産ラインではすでに3 m角クラスの超大型マザーガラス基板が導入されている。

株式会社日立ハイテクノロジーズは、液晶の第10世代をリードする製造技術や検査技術を開発し、大型ガラスに対応するさまざまな液晶ディスプレイ製造装置を提供している。

1. はじめに

液晶ディスプレイの市場は、価格の低下が急速に進むとともに、大型液晶テレビへの用途が拡大している。最終製品である液晶テレビの大型化に伴って生産ラインでは、パネル価格の生産コスト低減と画面サイズの大型化を同時に実現するため、マザーガラス基板の大型化と処理スピードの高速化が必要となってきている。大型液晶ディスプレイ用パネルを製造する最新の製造ラインでは、第8世代と呼ばれる2,200×2,500 (mm) サイズや、第10世代と呼ばれる2,880×3,130 (mm) サイズのガラス基板を使った量産ラインが導入されている。

ここでは、カラーフィルタ用露光装置を中心に、大型液晶ディスプレイの高効率生産を実現する製造・検査装置の展望について述べる。

2. 液晶ディスプレイの発展を支える製造設備群

液晶ディスプレイ自体の大型化への対応とパネルを多面取りすることによる高効率生産を実現するため、マザーガラス基板サイズは大型化してきた。特に2000年以降、液

晶テレビの量産をターゲットとして急速に進み、当初は考えられなかったほどの大型化が実現している。またこうした動きに対応し、装置も大型化しており、装置サイズと重量の増加、大型で高精度な部品の加工技術、装置の輸送と納入先での精度を維持した再組み立て、および立ち上げなどが大きな課題となってきている。

液晶ディスプレイ製造プロセスは、大別するとカラーフィルタプロセス、アレイプロセス、セルプロセス、モジュールプロセスの4種類のプロセスから構成されており、すべてのプロセスでガラス基板の大型化に対応した高効率な生産設備が要求されている。日立ハイテクノロジーズでは、これらの市場ニーズを満足する大型ガラス基板対応の各種製造・検査装置をラインアップしている（[図1](#)参照）。

3. カラーフィルタ用露光装置

3.1 大型ガラス基板露光装置の変遷

第1世代の300×400 (mm) サイズから最新の第10世

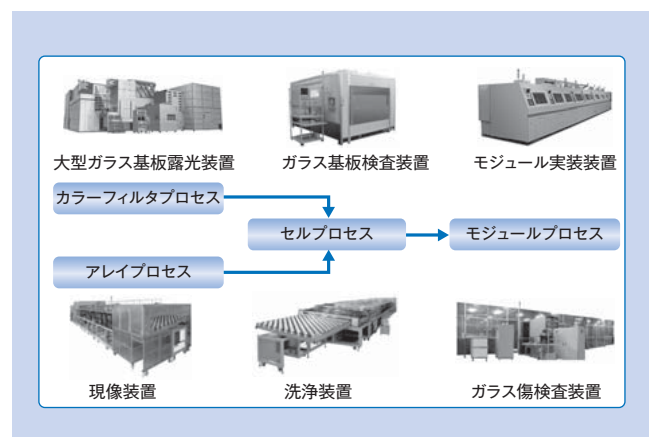


図1 | 液晶ディスプレイの製造プロセスと装置ラインアップ

TFT (Thin Film Transistor) 液晶製造プロセスはカラーフィルタ、アレイ、セル、モジュールの四つのプロセスから構成される。各プロセスに対し、各種製造・検査装置をラインアップしている。

代までに、マザーガラス基板の面積比は75倍以上となっている。しかし、カラーフィルタのフォトリソグラフィによる加工精度とラインタクトは各世代を通してほぼ変わっておらず、大面積でのプロセス均一化、温度均一化、および高速処理がますます重要となってきている。

また、マスクの大型化による高コスト化とマスクの自重によるたわみの課題を解決するため、露光方式は全面一括露光方式から1軸ステップ露光方式が採用されてきた。第5世代では日立ハイテクノロジーズが、業界初のプロキシミティ露光でのXYステップ露光方式を開発し、それ以降の世代でもXYステップ露光方式が業界の標準となっている(図2参照)。

3.2 「LE0300S」の概要

第10世代対応ガラス基板露光装置「LE0300S」では、ガラス基板の大型化に対し、XYステップ方式で露光するための高照度露光光源、高速ガラス基板搬送機構などの開発に加え、従来機で採用しているプリアライメント方式、プロキシミティギャップ制御、オートアライメントなどの各機構をスケールアップさせるとともに、制御速度の高速化を実現した。また、負圧式マスクたわみ補正機構や各種クリーン機能、温度調整機能を搭載したことにより、歩留まりの向上と高品質で高効率生産に寄与する露光装置を実現した。

また、ブラックマトリクス形成用のファースト露光への対応ではレーザー測長ユニットを内蔵し、フィードバック機

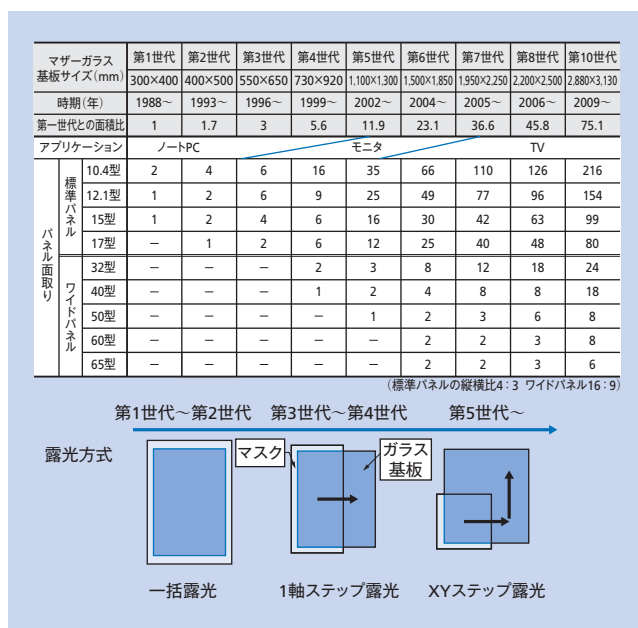


図2 | マザーガラス基板大型化と露光方式の変遷

マザーガラス基板は液晶パネルの大型化、および面取り数を多くして生産効率向上を図るために大型化が加速している。露光装置はマザーガラス基板の大型化の進展に合わせて一括露光方式からXYステップ露光方式へと進化している。



図3 | 大型ガラス基板露光装置「LE0300S」

第10世代対応のXYステップ露光方式のプロキシミティ露光装置の外観を示す。

能を備え、寸法精度の向上を図った装置をラインアップしている(図3参照)。

3.3 「LE0300S」の主な特長

(1) 大型ガラス基板対応高速・高精度ステージ

第10世代対応の大型ステージが高速・高精度でXY両方向にステップ移動することにより、大型ガラス基板を全面露光することが可能である。

(a) ステップ移動の回数は適用パネルサイズによって設定できる。

(b) 第10世代サイズに対応するステージは輸送や製作を考慮した分割ステージを採用している。

(c) ステージの接合部の変形をシミュレーションで予測、これを小さくするよう各部を解析主導設計し、分割ステージで高精度と高速化を同時に実現している。

(2) マスク平坦(たん)化

第10世代サイズのマスクは1,680×1,720(mm)で、第8世代マスクに比べて面積比で約1.7倍に大型化している。マスクの自重たわみを上面/下面の圧力差によって支える負圧式マスクたわみ補正機構を採用し、パターン変化量を最小化することにより、露光精度を向上している。また、マスクホルダ部の剛性向上と軽量化を行い、第8世代マスクと同等の平坦精度を実現している。

(3) 高出力露光光学系

光学系は、光路長を長くすることで、中心光線平行度の光学特性を向上させた。露光エリアの変更は、フライアイレンズを選択交換することで容易に対応でき、パネル取り数に応じた効率のよい露光ができる。また、露光エリアの拡大に合わせて多灯光源を採用した高出力光源と定照度制御技術を導入している(図4参照)。

4. ガラス傷検査装置

4.1 「GK8000」の概要

液晶テレビは40型以上の大画面サイズに移行しつつあり、今後も大型化がさらに進むと予想される。一方、デジタル放送化によってテレビ画面の高精細化、高画質化が必

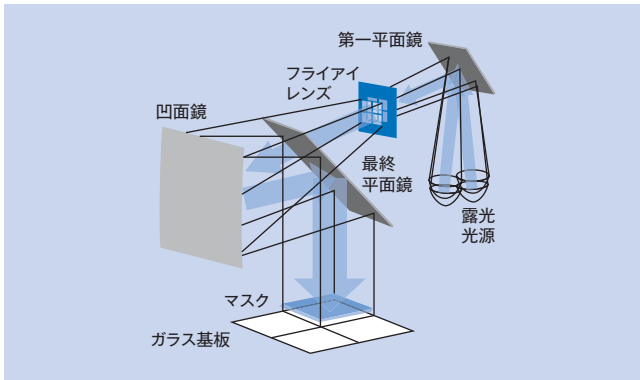


図4 | 露光照射系の構成

光源から出た光は、第一平面鏡で折り返され、フライアイレンズに入り凹面鏡と最終平面鏡を經由してマスクに平行光が照射される。

須となり、微細な欠陥も不良となるため、ガラス基板の傷、および製造工程における異物の管理はますます重要となっている。特に、ガラス基板の大型化、薄型化が進み、高精度の検出が求められる中で、検査時間の短縮も合わせて要求されている。これらの市場ニーズに対応したガラス基板傷検査装置、ガラス基板検査装置、インライン検査装置などの各種検査装置をラインアップしている。

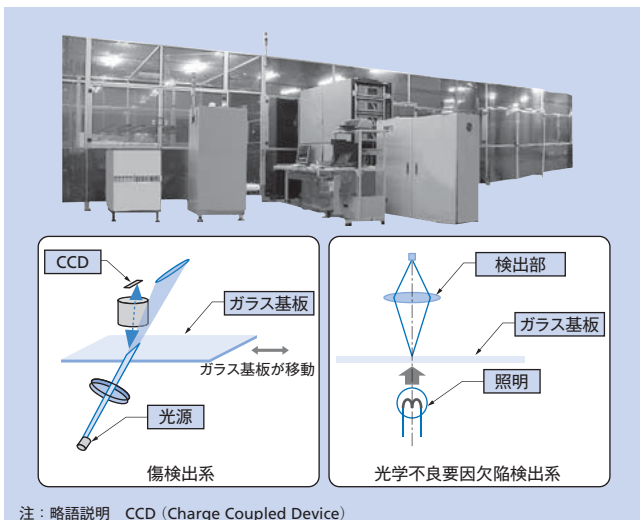
アレイプロセスで、TFT (Thin Film Transistor) デバイスを形成するための液晶用ガラス基板は、ディスプレイの表示品質と製品歩留まりを向上するため表面の傷や内部の気泡を検査・管理する必要がある、全数検査を目的としたガラス傷検査装置「GK8000」を開発した(図5参照)。

4.2 「GK8000」の特長

(1) 2種類の検出光学系を搭載

(a) 傷検出光学系

この検出系は、ガラス表面上の微細な傷を検出すること



注：略語説明 CCD (Charge Coupled Device)

図5 | ガラス傷検査装置「GK8000」の外観と検出系

第8世代対応のガラス傷検査装置の外観を示す。光学検出系はTFT回路の不良要因となる傷検出光学系と光学的不良要因となる欠陥の検出系を装備している。

を目的として光強度の高いレーザ光を使用し、傷の微細な回折光を検出する光学系である。検出性能として、異物換算0.5 μmの高検出精度と高再現性を実現している。また、表側の傷を選択的に検出する光学系を構成し、かつオートフォーカス機能を装備して表面側の欠陥を選択的に検出している。

(b) 光学不良要因欠陥検出系

この検出系は、パネルを人が目視で見た状況に近似した検出系である。ガラスを透過する光の明暗、および欠陥の大きさを良否判定の基準として検出判定する。

(2) 高速性

全数検査を行うためには、生産プロセスに合う検査の高速性も重要である。その実現手段として次の二つを行った。

(a) 大型ガラス基板を高速走査時に安定して支える高速移動ステージを採用した。

(b) 各光学系に対応したマルチCPU (Central Processing Unit) の搭載により、データ処理の高速化を図ったりリアルタイム判定機能などによって、第8世代で全数検査が可能な高速性を実現した。

5. モジュール実装装置「AL/AB7000シリーズ」

5.1 モジュールプロセスの概要

モジュールプロセスでは、ACF (Anisotropic Conductive Film: 異方性導電フィルム) を用いて、液晶パネルの電極とドライバIC (Integrated Circuit) であるCOF (Chip on Film) を電気的・機械的に接続する。また、COFのもう一方の電極には、コントロール回路やインタフェース回路などを搭載したPCB (Printed Circuit Board: プリント基板) がACFによって接続される。ACFは、絶縁性の接着剤の中に直径数マイクロメートル程度の導電粒子を均一に分散したフィルム状接着剤である。

液晶パネルの電極にACFを貼(は)り付けた後、COFを正確に位置合わせし、ACFの剥がれがなく、位置ずれしない程度まで加熱した状態で仮圧着し、次の本圧着工程で加熱加圧し強固に固定する。

次の工程でCOFのもう一方の電極にはPCBがACFによって接続される。この後、光源であるバックライトなどの部品を組み付けて液晶モジュールが完成する。

液晶モジュール実装においては、ドライバICを実装するためのACFを用いた微細配線接合技術が重要な役割を果たしている(図6参照)。

5.2 「AL/AB7000シリーズ」の特長

大型液晶モジュール用として、国内外の大手パネルメーカーへ数多くの納入実績がある最大57型ワイドパネルに

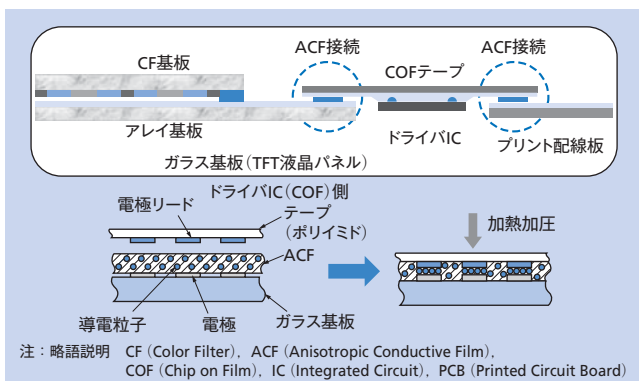


図6 | TFT液晶パネルとドライバICの接続原理

液晶パネルの端子とドライバICの出力端子はACFによって接続される。ドライバICの入力端子にはACFでPCBが接続される。



図7 | モジュール実装装置「AL/AB7000シリーズ」

最大57型ワイドパネルに対応し、ドライバICの搭載からPCBの搭載までを一貫ライン化したモジュール実装装置の外観を示す。

対応できるモジュール実装装置「AL/AB7000シリーズ」の特長を以下に述べる（図7参照）。

(1) 大型液晶パネルへの対応

最大57型ワイドパネルに対応した全自動一貫ラインを実現している。また、47/37/27型装置もラインアップし、中小型から大型パネルまで幅広く対応している。

(2) 生産性の向上

COG (Chip on Glass) と COF を同一ユニットで実装が可能なことから、品種変更時間を大幅に短縮している。また、COF/ACFテープなどの部材自動交換機能により、長時間連続運転が可能である。

(3) 低コスト生産への対応

ACFの高速個片貼り方式を採用し、材料費を大幅に削減している。

6. おわりに

ここでは、カラーフィルタ用露光装置を中心に、大型液晶ディスプレイの高効率生産を実現する製造・検査装置の展望について述べた。

液晶ディスプレイは、市場拡大と急激な価格低下が進んでいる。このような状況下で、液晶パネルメーカーも投資効率が大きく、低価格パネルの生産が可能な第8世代ラインや第10世代ラインによる量産を実施している。さらなる

生産性の向上を目的とした、二辺の長さが3 mを超えるマザーガラス基板による次世代生産ラインの構築も計画されている。次世代生産ラインに対応するためには、装置の高速化、高性能化は必然であるが生産コスト低減に対応して装置の小型化、分割構造などトータルコストの削減を図っていく必要がある。

日立ハイテクノロジーズは、今後も、さらなる高効率生産を実現する製造・検査装置、および次世代プロセス革新対応への技術開発を進めるとともに、有機EL (Electroluminescence) や太陽電池などの新分野で大型ガラス基板の高効率生産技術を生かした設備展開を図っていく考えである。

参考文献

- 1) 平成20年度オプトメカトロニクスを用いた次世代型の超大型基板の進歩に関わる加工処理とその周辺技術に関する調査研究報告書、日本機械工業連合会 (2009.3)
- 2) 半導体・液晶ディスプレイフォトリソグラフィ技術ハンドブック、リアライズ理工センター (2006.2)
- 3) フレキシブルプリント配線板の最新応用技術、シーエムシー出版 (2009.2)
- 4) 液晶ディスプレイ製造装置用語辞典第3版、日本半導体製造装置協会 (2007.10)
- 5) Production Cost Saving (PCS) Forum-FPD-PhaseIV Roadmap報告書、SEMI ジャパン (2002.4)

執筆者紹介



南 博文

1979年日立電子エンジニアリング株式会社入社、株式会社日立ハイテクノロジーズ FPD・HD装置営業本部 事業戦略部 所属
現在、FPD関連装置のマーケティングに従事



森 順一

1982年日立電子エンジニアリング株式会社入社、株式会社日立ハイテクノロジーズ ファインテック製品事業本部 プロセスシステム部 所属
現在、FPD関連露光装置の開発に従事



岩 井 進

1994年日立電子エンジニアリング株式会社入社、株式会社日立ハイテクノロジーズ ファインテック製品事業本部 インспекションシステム部 所属
現在、FPD関連検査装置の開発に従事



樋渡 正太郎

1983年日立電子エンジニアリング株式会社入社、株式会社日立ハイテクノロジーズ ファインテック製品事業本部 アセンブルシステム部 所属
現在、FPD関連実装装置の開発に従事



渡部 成夫

1989年日立製作所入社、機械研究所 第二部 所属
現在、FPD関連露光装置の研究開発に従事
精密工学会会員