

大型化が加速する液晶パネル製造・検査装置の展望

Prospects of Liquid Crystal Display Manufacturing and Inspection Equipment with Rapidly Growing Demand for Larger Panels

南博文 Hirofumi Minami

鈴木伸治 Shinji Suzuki

松本房重 Fusashige Matsumoto

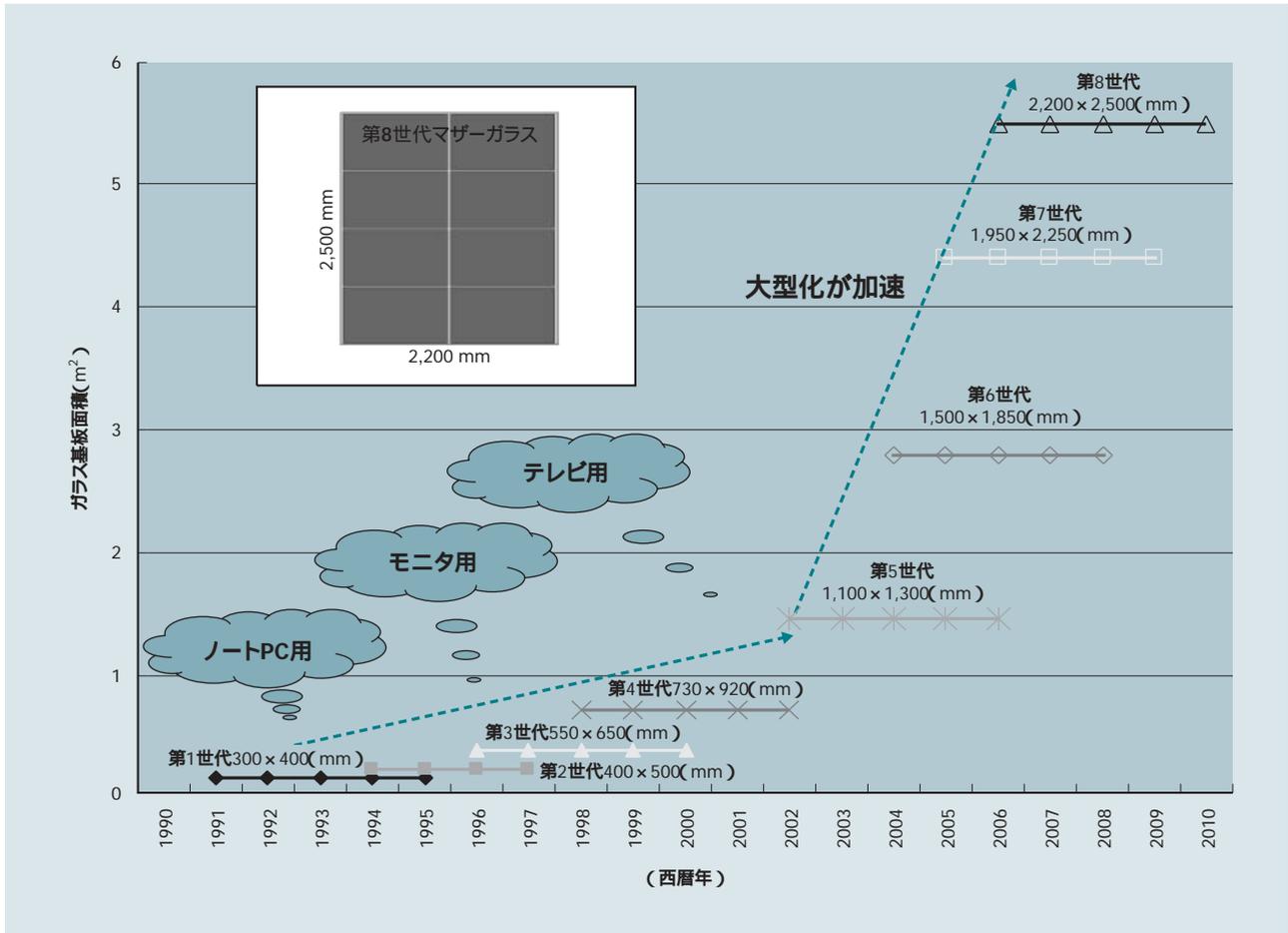


図1 液晶パネルにおけるマザーガラス基板大型化の変遷

液晶パネルはマザーガラスと呼ばれるガラスシートから作られ、通常は複数枚のパネルを大きなマザーガラス上で加工してから最終的にノートPC、モニタ、テレビなどの画面に合わせた寸法に分断する。複数のパネルを一度に製造することは、パネル1枚当たりのコストの低減につながる。液晶のアプリケーションであるPC、テレビなどではパネルサイズの大型化と価格の低下が急速に進み、それに対応して生産性向上で面取り数を増やすため、ここ数年、マザーガラス基板サイズも大型化してきている。

液晶パネルは薄型・軽量・高画質などの特徴を生かし、PC用のディスプレイとして急速に成長してきた。

今後は、フラットパネル化が進むテレビ市場が液晶市場の成長をリードしていくと予測される。液晶のアプリケーションの主役がPCからテレビへ移り変わるとともに画面の大型化と価格の低下が進行し、より効率よく生産するためにマザーガラスの大型化が加速している。

株式会社日立ハイテクノロジーズは、大型化が進む液晶パネルの最新の製造・検査装置のラインアップを充実し、システムソリューションを提供している。

1.はじめに

液晶パネルの市場は、デスクトップ型PCでのCRT(Cathode Ray Tube)代替などで15～20型サイズの大型パネルへと需要が広がっていることに加え、テレビ向けの二・三も大型化が進んでおり、最近では、40型を超えるパネルの需要が高まっている。

一方、生産ラインの面から見ると、価格の低下とパネルサイズの大型化を同時に実現するには、マザーガラス基板のさらなる大型化と処理スピードの高速化による高効率生産が必要であり、これらを満たす新しい生産ラインの構築が必要となる。

ている。

ここでは、大型化が加速する液晶パネル製造・検査装置の展望について述べる(図1参照)。

2. 液晶アプリケーションの変遷と装置市場

大型TFT(Thin Film Transistor)液晶ディスプレイは、1990年代に、主にノートPC用のアプリケーションが市場として大きく伸びた。1990年代後半には、デスクトップPC用のモニター市場がCRTからの置き換えで急成長してきた。現在はテレビ用が液晶ディスプレイの最大の市場となっている。

テレビ用のアプリケーションでは、画面サイズの大型化がPC用途より先加速している。

大型TFT液晶ディスプレイの市場規模は、2006年には6兆円規模に達し、今後も高い成長率が続くと予測される。さらに、テレビ用のアプリケーションの比率は、2008年には大型TFT液晶ディスプレイ市場の50%を超える規模へと急成長が続いていく。

日本製の液晶製造装置市場の規模は、2005年までパネル市場規模の15%前後で推移してきたが、今後はパネルのさらなる低価格化により、装置価格へのプレッシャーは高まると予想される。このため製造装置としては、いっそうコストパフォーマンスの高い装置開発が求められる。また、マザーガラスの大型化による生産性向上だけでなく、プロセス革新による大幅なコスト削減も必要となる(図2参照)。

3. 液晶パネル製造プロセスと設備

3.1 液晶パネル製造プロセス

TFT液晶製造プロセスは、アレイプロセス、カラーフィルタプロセス、セル製造プロセス、モジュール組立プロセスの四つから

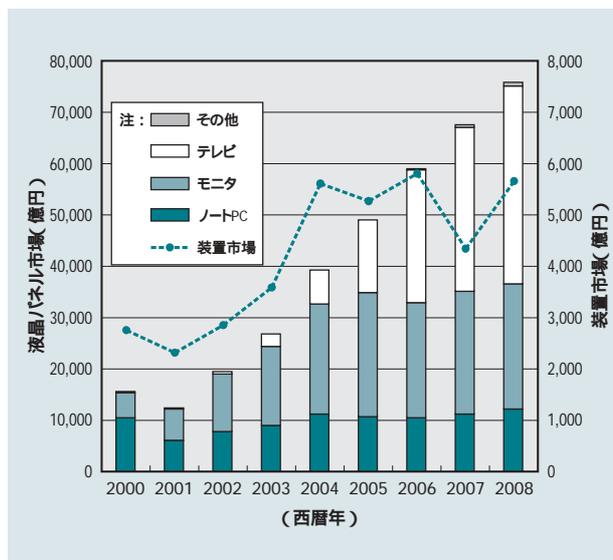


図2 液晶パネル市場と液晶製造装置市場

液晶パネル市場については米国調査会社ディスプレイサーチ社のデータに基づいて作成、装置市場については2007年1月発表のSEAX(社団法人日本半導体製造装置協会)によるものである。

ら構成されている(図3参照)。

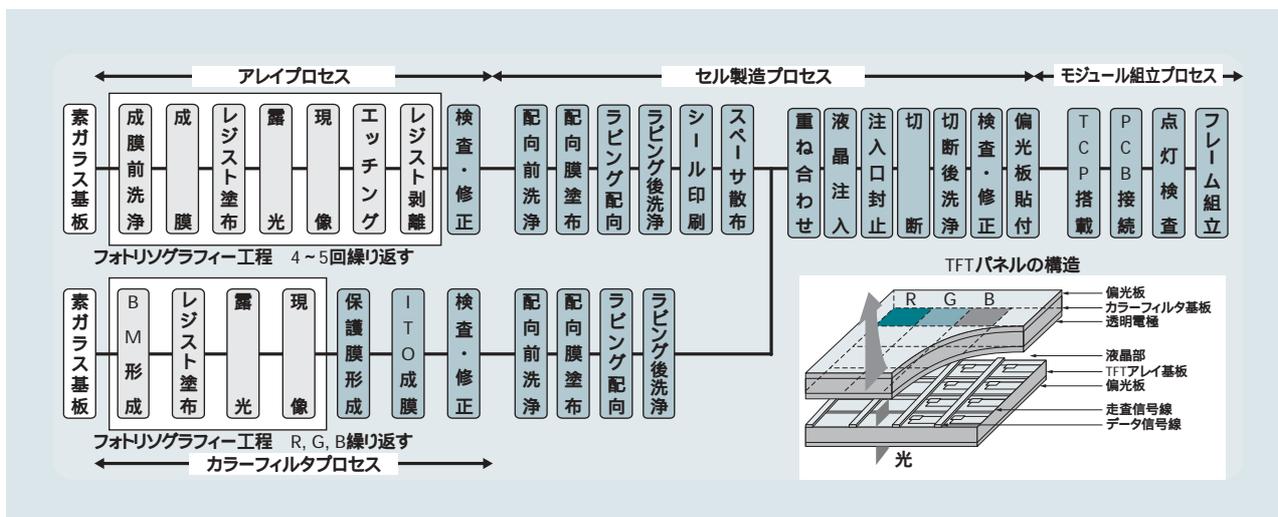
各工程の詳細について以下に述べる。

3.1.1 アレイプロセス

TFTカラー液晶は、TFTアレイ基板とカラーフィルタ基板の2枚のガラス基板で構成されている。

TFTアレイ基板は、液晶ディスプレイでの透過光量を制御するトランジスタ(TFT)が、マトリクス状に配置されている。アレイプロセスはフォトリソグラフィー工程で、基板の前洗浄 成膜 レジスト塗布 露光 現像 エッチング レジスト剥離はく離の工程を繰り返すことによってパターン形成を行う。

当初は、フォトリソグラフィー工程は6回から9回であったが、最近では製造プロセスを工夫することにより、ほとんどのパネ



注:略語説明 BM(Black Matrix),ITO(Indium Tin Oxide:透明導電膜),TCP(Tape Carrier Package),PCB(Printed Circuit Board),TFT(Thin Film Transistor)
R(Red),G(Green),B(Blue)

図3 TFT液晶製造工程とパネル構造

TFT液晶製造プロセスは、アレイプロセス、カラーフィルタプロセス、セル製造プロセス、モジュール組立プロセスの四つから構成されている。

ルメーカーで4回から5回のフォトリソグラフィ工程のプロセスが採用されている。

3.1.2 カラーフィルタプロセス

カラーフィルタは液晶ディスプレイをカラー表示するため、基板上に光遮断用のブラックマトリクス (BM) と赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3原色パターンが規則正しく配列されている。最近のカラーフィルタでは表示のカラー化だけでなく、広視野角化のためのリブや、セルギャップ制御用のフォトスペーサなどの加工が行われ、より高機能化が進んでおり、プロセスも複雑化してきている。カラーフィルタプロセスでは、これら各層を形成する手法として、一般的にはフォトリソグラフィ工程が用いられている。

3.1.3 セル製造プロセス

セル製造プロセスでは、(1)パターンを形成したアレイ基板とカラーフィルタ基板に配向膜を形成する工程、(2)ラビングによる配向処理を行う工程、(3)シール部にエポキシ樹脂などの接着剤をスクリーン印刷やディスペンサで塗布する工程、(4)アレイ基板とカラーフィルタ基板を高精度に重ね合わせる工程、(5)液晶を注入する工程、(6)および偏光板を高精度に貼る工程から成り、ここでのダスト、静電気、位置合わせ精度などがディスプレイの表示品質に直接影響を与える。

3.1.4 モジュール組立プロセス

モジュール組立プロセスでは、ACF (Anisotropic Conductive Film:異方性導電膜) を用いて、液晶パネル (セル) の電極とドライバICであるTCR (Tape Carrier Package) とを電氣的・機械的に接続する。また、TCP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。



図5 大型ガラス基板露光装置「LE0200SD」
第8世代に対応し、XYステップ露光を可能としたプロキシミティ露光装置の外観を示す。



注:略語説明 P(S) Photo Spacer), COG(Chip on Glass), TAB(Tape Automated Bonding)

図4 主要な液晶パネル製造・検査装置
アレイプロセスから最終のモジュール組立プロセスまで各種製造・検査装置をラインアップしている。

3.2 液晶パネル製造装置ラインアップ

株式会社日立ハイテクノロジーズは、液晶パネル製造の各プロセスに必要な装置をそろえて提供している。主要な液晶パネル製造・検査装置を図4に示す。アレイプロセス、カラーフィルタプロセス、セル製造プロセス、モジュール組立プロセスのそれぞれで最先端の第8世代に対応した製造・検査装置をラインアップし、システムで提案することが可能である。

フォトリソグラフィ工程の中で最も重要な設備である露光装置と各プロセスで使用されるガラス基板検査装置について以下に述べる。

4. 第8世代対応露光装置

4.1 大型ガラス基板露光装置「LE0200SD」

今回開発した大型ガラス基板露光装置「LE0200SD」は、第8世代と呼ばれる最大2,200×2,500 (mm) までのガラス基板に対応し、XYステップ露光を可能とした、高効率かつ高速なプロキシミティ露光装置である。

大型ガラス基板露光装置「LE0200SD」の外観を図5に示す。

4.2 大型基板露光の技術課題

ガラス基板のサイズが2 m角以上へと大型化することに対する課題としては、大型基板対応の高速、高精度ステージ技術が挙げられる。

ガラス基板の大型化に対応したステージストロークの拡大、ステージモータのパワーアップ、軽量化、基板チャック加工技術の確立が必要となる。また、ステージ高速化による加速、減速時の振動対策としては、ステージを含む全体の剛性アップが重要である。

マスクの大型化の課題としては、マスクの自重によるたわみ量の増大対策として、マスクのたわみの補正が必要である。

また、露光エリア拡大に伴い、従来のスループットを確保するため、露光光源として高出力露光光源の開発が必要である。

4.3 大型基板露光の特徴

第8世代対応大型ガラス基板露光装置「LE0200SD」では、ガラス基板の大型化に対応し、XYステップ露光するための高速高精度の大型ステージ、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、当社従来機で採用しているプリアライメント、プロキシミティギャップ制御、オートアライメントなど、各機構の高速化を実現した。また、マスクの负压式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、歩留りの向上と高品質な液晶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測長ユニットを搭載し、フィードバック機能によって寸法精度の向上を図った装置もラインアップしている。

(1) XYステップ制御

ステージのXY両方向へのステップ移動により、大型ガラス基板を露光することが可能である。適用パネルサイズにより、複数回の露光を行う。

パネル面取り数の例を図6に示す。

(2) マスクのたわみ補正

大型マスクの自重たわみを除去するため、「负压式マスクたわみ補正技術」を開発して、ガラス基板とマスクのすきまを均一化し、さらに安定したプロキシミティ露光を実現した。

负压補正機構とその効果を図7に示す。

(3) 露光照明系

ガラス基板全面にマスクのパターンを高精度、かつ均一に転写するために、均一な平行光線と照度分布を有するミラー照明光学系によって露光を行っている。

この光学系はレンズ、ミラー類の光路の最適設計により、光学特性を向上させている。

また、露光エリアの変更はフライアイレンズを選択交換する

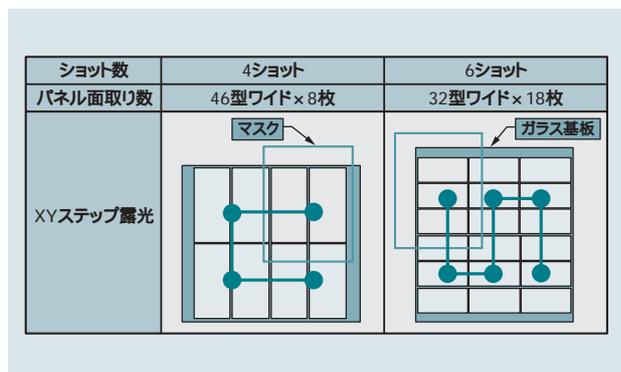


図6 パネル面取り数の例

XYステップ露光と縦横基板の切り替え方式を組み合わせることで柔軟なパネル取り数を効率よく実現している。

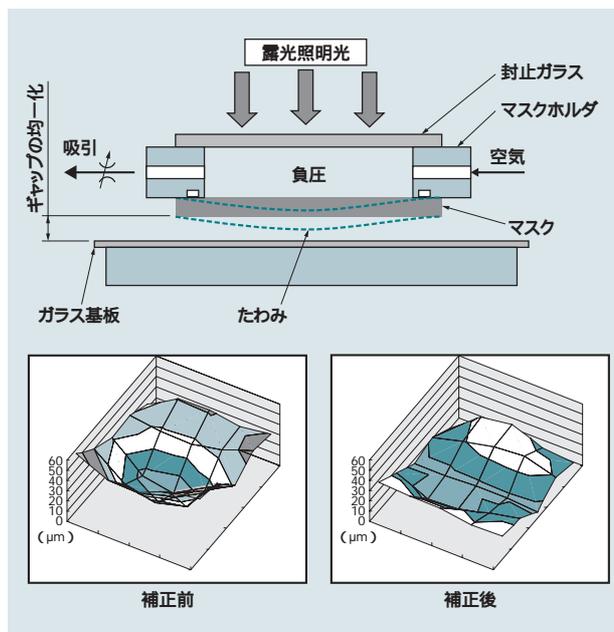


図7 マスクの自重たわみ補正機構

マスク上部に密封部を設け、この中の圧力を负压にすることにより、マスクを上方に引き上げてたわみを補正する。

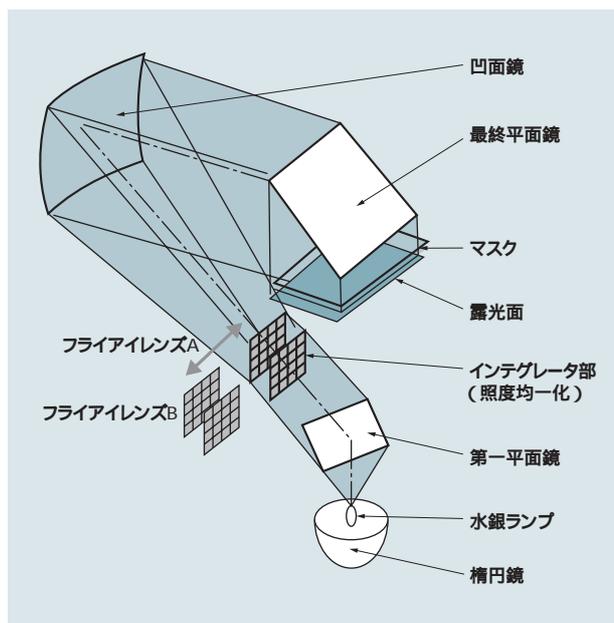


図8 露光照明系の光路構成

集光鏡で集められた光は、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経由して露光面のマスクに平行光が照射される。また、2種類の切り替え式フライアイレンズにより、ショットサイズに応じた効率のよい露光が可能となっている。

ここで容易に対応でき、パネル取り数に応じた効率のよい露光ができる。

露光照明系の光路構成を図8に示す。

5. ガラス基板検査装置「GI7500」

液晶パネルの高精細化、高画質化、およびマザーガラスの大型化に対して、歩留り向上のための異物管理はいつそう重要となっており、定量管理を行うための検査装置の市場ニ-

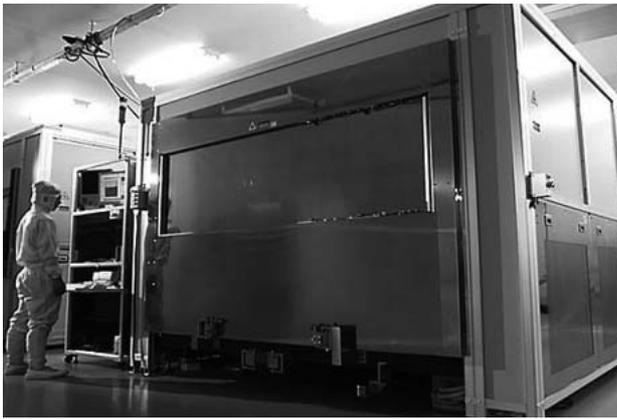


図9 ガラス基板検査装置「GI7500」の外観
第8世代の大型ガラス基板に対応し、高信頼性で高検出感度の検査が可能である。

ズがますます高まっている。このような背景の下、大型化、薄型化する液晶生産工程における高スループット、高精度の異物検出性能などに対応したガラス基板検査装置「GI7500シリーズ」を開発した(図9参照)。

5.1 異物管理の目的

異物管理の必要性としては次の5項目が挙げられる。

- (1) 製造ライン立ち上げ時におけるプロセスの条件出しをする。例えば、各工程の装置発塵(じん)チェック、洗浄前後の評価などである。
- (2) 製造装置導入時の発塵をチェックする。
- (3) 量産段階におけるドカ不良を防止するため、プロセスモニタを行う。
- (4) ある工程で発生させた不良を、そのまま次の工程に持ち込ませない。
- (5) 工程の定量評価および時系列評価をする。

以上は、いずれも製品の歩留り向上を目的とするもので、異物によるプロセス不良を監視するためのモニタとして位置づけられる。

異物起因による不良としては、高精細化に伴う配線パターンの微細化、表示の高速化に対するTFT、カラーフィルタ基板のギャップが狭くなるなど、より高い頻度でガラス基板表面に付着する異物が原因で短絡や断線が発生させる。

ガラス基板に付着した異物が製造プロセス中のどの段階で付着したか、また付着した異物の種類によって不良内容が異なってくる。液晶パネル製造の各工程において、検査装置を用いて付着異物を定量的に把握し、適切な対策をとることが歩留りを確保するうえで必要不可欠である。

5.2 ガラスの大型化およびテレビ用途における要求仕様

ガラスの大型化およびテレビ用途向けプロセスの装置では、従来に増して以下の内容を考慮することが重要になる。

- (1) 1枚のパネルが占める面積が大きく、かつ不良要因となる異物はたとえパネルに1個でも欠陥となるため、高い再現性と検出感度性能が必要
- (2) 大型のガラス基板搬送では、裏面接触は必然であるため、デバイス表面のみを選択的に検査できることが必要
- (3) プロセスへの早急なフィードバックが不可欠であるため、高速な検査と分析能力が必要

5.3 GI7500の特徴

今回開発したガラス基板検査装置GI7500の特徴は以下のとおりである。

- (1) 高検出感度:サブミクロン検出(0.3 μm)
- (2) 検出再現性:95%以上
- (3) 表裏分離性能:0.3:50
表面0.3 μm感度で裏面50 μm以下の異物を非検出にすることが可能となる。
- (4) 検査時間(高速検査モードの場合)150秒/2,200×2,500(mm)
- (5) CIM(Computer Integrated Manufacturing)対応

異物管理情報がネットワークを用いて統括的に制御・管理することが可能となる。

- (6) 観察機能搭載

異物内容の早期確認とフィードバックが可能となる。

- (7) 省設置スペース

最大対応ガラス基板2,200×2,500(mm)に対して約3倍の占有面積であり、ユーティリティ、クリーンルームを含めた投資の低減が可能となる。

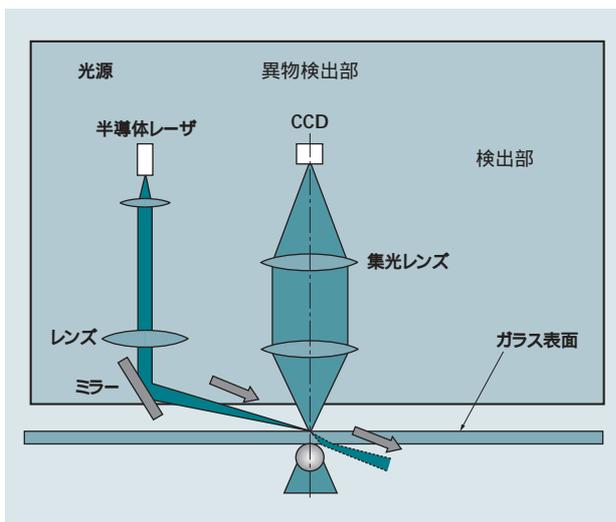
5.4 異物検出技術

検出感度および表裏分離性能の向上を実現した検出部概要を図10に示す。

液晶用ガラス基板は、パターンが形成されるガラス基板の表面に付着する異物が欠陥の原因となることから、表面と裏面とを弁別して検出する必要がある。この装置は、異物の検出方法の一つとして光学的検出方法が用いられている。ガラス基板の表面にレーザー光を低角度から照射し、異物からの散乱光をCCD(Charge Coupled Device)受光素子によって受光し、異物信号として検出する。

表裏分離機能の確認マップを図11に示す。

パターン形成面(表面)に付着する異物が欠陥の原因となる。一方、裏面は基板搬送により異物付着頻度は高いが、欠陥の原因となることは少ない。したがって、ガラス基板の表面と裏面の異物を弁別して検出、管理する必要がある。この二つのマップは同一基板の表面と裏面の0.3 μm感度での測定結果である。



注:略語説明 CCD(Charge Coupled Device)

図10 ガラス基板検査装置検出部

光源は半導体レーザーを使用し、レンズ・ミラーを介してガラス基板表面に低角度でレーザー光を照射する。パーティクルがあるとそこで散乱光が発生し、その散乱光は集光レンズを通してCCD受光素子により受光し、パーティクル信号として検出する。また、このときガラス裏面に異物があっても、レーザー光が当たらず、散乱光が発生しないため、裏面異物(50 μ mまで)は検出しない。

マップはS・M・Lサイズを3色で色分けしており、裏面の測定結果では、基板搬送時のローラの接触跡、手で触って汚染した跡を検出している。

しかし、この基板を表面から測定すると裏面に付着しているSサイズのローラの跡はもちろんのこと、Lサイズの手で触った汚染跡も検出していない。手で触った跡も弁別できるほど表面と裏面のパーティクルの弁別ができていくことがわかる。

6. おわりに

ここでは、大型化が加速する液晶パネル製造・検査装置の展望について述べた。

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



松本 房重

1985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

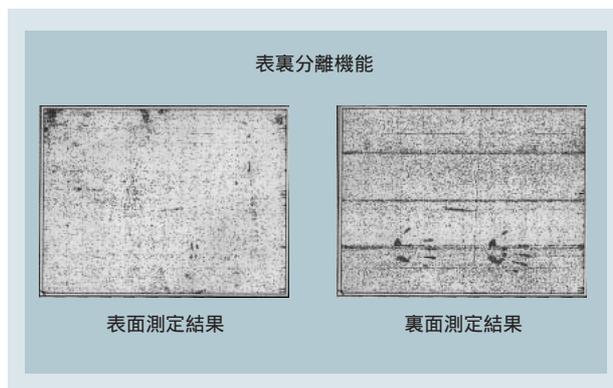


図11 ガラス基板検査装置検出結果

左側のマップはガラス表面を0.3 μ m感度で検出した結果で、右側マップは同じ感度でガラスの裏面を測定した結果である。裏面の手の跡は実験のため、意図的に付着させたものである。

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高く、低価格パネルの生産が可能で、第8世代ラインを構築中である。

株式会社日立ハイテクノロジーズは、液晶パネル製造工程の中核を成す露光装置をはじめ各種ウェットプロセス装置および検査装置を開発してきた。液晶製造装置業界の共通の開発テーマは、装置の種類を問わず、生産性の向上とコストの低減である。今後も、このテーマを念頭におき、さらなる超大型化に対する製造・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、液晶産業の発展に寄与していく考えである。

参考文献

- 1) Production Cost Saving (PCS) Forum-FPD-Phase Roadmap報告書、SEMIジャパン(2002.4)
- 2) 液晶ディスプレイ製造装置用語辞典、日本半導体製造装置協会(1999.10)



鈴木 伸治

1992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 インスペクションシステム部 所属
現在、FPD関連検査装置の開発設計に従事