

液晶の自動化生産ライン

LCD-Process Automation Production Line

河村 幸一*
Koichi Kawamura

要 旨

効率的な液晶生産ラインを構築するには、大型ガラス基板を自動的に処理する自動化、高精細パネルを高歩留まりで生産する品質制御の自動化が重要な課題である。

この根幹技術が、コンピュータにより搬送指示条件指示を自動的に行う全工場の自動運転を実現し、更に、ライン情報の自動収集により、ライン管理、品質管理に有効に活用する自動化生産技術である。

液晶三重工場で構築した自動化制御、及び、工場全体の情報管理システムについて概要を紹介すると共に、今後の展開に付いて述べる。

In order to construct an efficient production line of LCD, there are two important issues; one is the automation for processing large glass substrate and the other the automation of quality control which enables highly fine LCD panel production at high yield.

The fundamental technology to realize them is automatic production technology for the auto operation of whole factory where computers automatically direct material handling and process spec, and for the utilization of automatically collected line status data for line control and quality control.

This paper presents an overview of automation control and whole factory information system which is established at Mie Factory of LCD Group, with deployment in the future.

まえがき

液晶の自動化システムは大規模システムであり、工場全体の課題分析、分析結果に基づく目的、それを実現するシステム全体像、各システムの棲み分け等を明確にし、段階的に構築する事が重要である。工場の課題、システムの目的、構築したシステムの概要、及び、今後の課題、について紹介する。

* 液晶天理開発本部 生産技術センター CIM 推進部

1. 液晶工場の課題

液晶工場は TFT 形成工程、貼り合わせ工程、液晶注入工程、パネル検査工程、で構成されている。又、生産単位はロット、基板、パネルへ細分化される複雑なラインであり、下記の課題がある。

- (1) ロット、基板、パネルの紐付け管理
- (2) 長い TAT (Turn Around Time)
- (3) 良品率変動等による生産計画変更への対応
- (4) クリーン化 (パーティクルコントロール)
- (5) プロセスのバラツキ制御
- (6) 多種の情報コントロールによる生産制御
- (7) 24 時間連続稼働

2. コンピュータコントロールの目的

液晶工場コンピュータコントロールの目的は、情報収集自動化と、装置への条件のダウンロード、自動搬送等の徹底した物流自動化である。この2つの目的の達成により課題に対応出来る。

(1) 情報収集の自動化

工程管理、品質管理の2種類の情報収集を自動化しリアルタイムに、何時どの工程でどのような状況に仕掛かり製品があるか、又、何時何処でどのような品質の製品が生産されているか、と言う情報が得られる事。

(2) 徹底した物流の自動化

人員の増加抑止、パーティクル制御、作業ミス防止、等、徹底した自動化で、人為的な操作を排除する事により効率的な工場運営が出来る。

3. 工場コントロールに必要な機能

液晶生産工場の各工程の特徴とその工程をコントロールする為に必要な機能について下記に述べる。

3・1 各工程の特徴と必要な機能

3・1・1 TFT 形成工程

複数枚のガラス基板をカセットに収納しロットを形成して生産する方式である。装置は独立して配置されており、大型ガラス基板は装置間を自動的にフレキシブルに搬送する必要がある。又、ロットは同一処理装置を何回も繰り返し処理される為、同一装置の前に数種類のロットが存在し、装置は条件が異なる数種類のロットを順次処理しなければならない等、自動化達成には、装置稼動、処理条件(レシピ)、ロット処理順序、搬送等、多種の情報コントロールが要求される。

3・1・2 液晶セル工程

本工程はインライン方の生産方式であり、基板、パネルはインライン装置が自動的に搬送する。

ロット単位で供給された製品をガラス基板単位で処理し、更に、パネル単位に細分化する工程である。

情報管理としては、各装置を短いタクト時間で通過する基板の通過情報を自動収集し、紐付け管理が要求される。

3・1・3 パネル検査工程

パネルの検査を行う工程であり、情報収集としては装置から検査判定結果、欠陥情報等のパネル単位の情報自動収集管理が要求される。

3・2 収集した情報を活用する機能

収集された詳細情報を、ライン管理、生産管理、品質管理、情報解析、に活用する事が重要であり、

それぞれの目的別に利用出来る形態に紐付けされた情報として、検索、集計が出来る表1に示す機能が要求される。

表1 工場制御に必要な機能
Table 1 Functions need to control all factory.

目的	機能概要
ラインコントロール	各ラインの、仕掛かり、処理実績、進捗状況等の把握
装置メンテナンス	装置の定期メンテナンスの周期管理の把握
SPC(Statistical Process Control)	工程内の品質をリアルタイムに統計的に監視
情報解析	全工程の情報を元に欠陥不良の原因解析が出来る事
生産管理	工場全体の良品率、仕掛かり、処理実績の把握

3・3 コンピュータシステムに要求される機能

工場の基幹システムであり、24時間安定稼動、年間に限られた時間内でメンテナンスが可能、障害発生時に生産ラインへの影響を最小限に止める事、等、システムへの要求は厳しい。

4 液晶工場自動化システム概要

液晶工場で各ライン、及び、システムに要求される機能を満たし、約200台の装置を自動コントロールするシステムを構築したので、その概要を紹介する。

4・1 自動化システム構成

液晶工場の各工程の装置、及び、ロット、基板、パネルの生産ラインを自動コントロールし、収集情報を、基に中央制御室で適切なラインコントロール、SPC管理、メンテナンス管理等に利用、又、ロット~パネルの紐付け情報に基づく不良解析機能、全ラインの良品率等の情報提供が出来るシステム構成である。(図1)

4・2 工程自動化管理システム

4・2・1 TFT 工程自動化システム

(1) 装置の自動化及び通信方式

装置は自動ロット供給ポート、及び、搬出ポートを持ち、AGV (Auto Guided Vehicle) からロットが供給されると、処理部分まで自動的に搬送し、コンピュータから指示された条件で自動的に処理を行う。処理が完了すると、処理結果の詳細情報をコンピュータに報告し、搬出ポートまで搬送。AGVにより搬出ポートよりロットが自動で搬出される方式で基本的な制御を実現。本方式を実現する為に、コンピュータシステムと装置はRS232Cで接続し、SECS (Semiconductor Equipment Control Standard) に準拠した当社独自の通信プロトコルを採用した通信方式を全装置に適用。(図2)

(2) 搬送システム概要

大型のガラス基板を収納したカセットを一時保管するバッファと、自動移載機能、クリーン保管機能等を装備し、フレキシブルにクリーン搬送するAGVより構成。TFT工程の各装置間を搬送する複雑な走行ルートの制御、追い越し制御、自動充電制御等を実現。

装置から要求されるロット供給、搬出等の報告に基づく上位コンピュータのFrom-Toの搬送指示によりバッファと装置の間の搬送を自動的に行う。バッファとバッファの間についても搬送指示に従い実行する。(写真1)

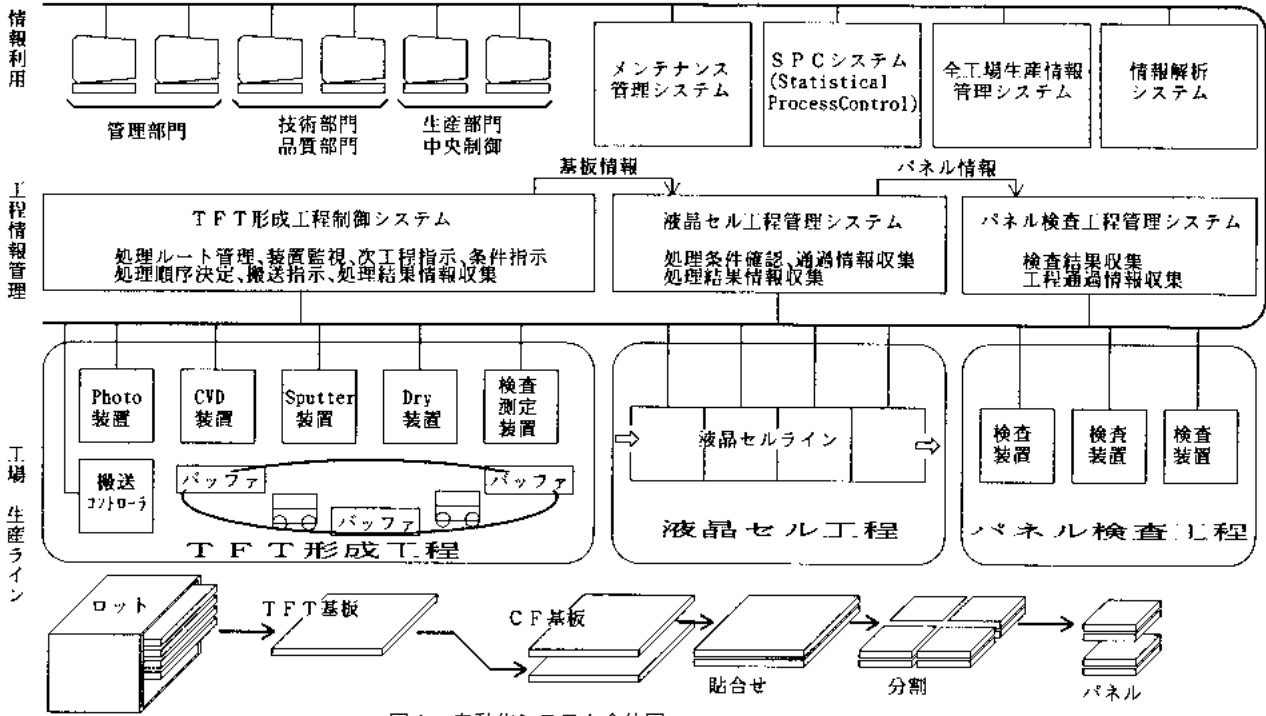


図1 自動化システム全体図
Fig. 1 Total configuration of automation system.

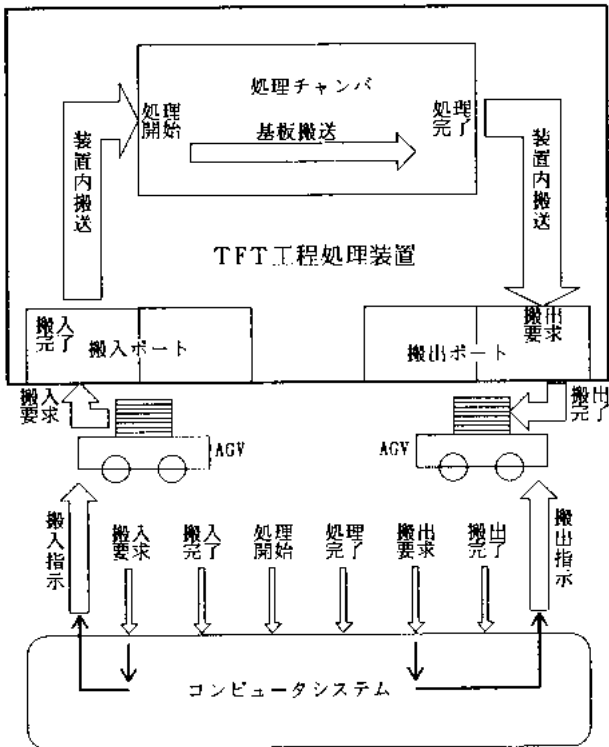


図2 装置自動化コントロール
Fig. 2 Equipment automation control.



写真1 AGVの外観
Photo 1 External figure of AGV.

(3) コンピュータによる自動化制御機能
 ホスト、及び、セルコンピュータに分散して制御を行なう方式を採用。
 セルコンピュータには、搬送システム管理と、装置

制御の2つの機能を配置。
 搬送管理システムは、搬送システムへのFrom-Toの発行管理を行い、全搬送システムの在庫状況も管理する。

装置制御は、装置とSECSプロトコルで統一的に通信制御を行い、オンライン、オフライン、装置のポートの状態等を管理、装置からのロット要求、搬出等の報告をコントロールし、ロットが装置に搬入されると処理条件を自動的に装置にダウンロードすると共に、処理結果の報告を受け取る機能である。

ホストコンピュータにはロットの進捗管理、自動化制御、工場モデル、データベース機能を配置。

ロット進捗管理は、ロット作成、ロット停止、解除、等の工場のロット状態をコントロールし、ロット状態、処理履歴、及び、装置の状態等を参照する機能である。

自動化制御は、ロット要求を受けると自動的に、ロットを選択し、処理条件、搬送元、搬送先を指示し搬送管理セルへFrom-Toを、装置管理セルへ処理条件等を指示する。ロット搬出要求を受けると、次工程の処理装置を選択し、その装置の搬送元のバッファへ搬送指示を出し、次工程の仕掛かりへ自動的にロットを移動する。ロットは、予め設定されている優先順位演算ルールに従い演算され、次工程の装置の仕掛かりリストの中で処理順序が自動的に決定される、等の機能。

工場モデルは、装置、搬送、処理ルート、機種、従業員等をコンピュータモデルとして定義する機能。

データベースは自動化処理情報、工場モデル情報、処理結果情報を格納する部分で構成。(図3)

(4) コンピュータシステム構成

TFT形成工程管理システムのコンピュータシステムは図4の構成で構築。24時間連続稼働のシステムであり、安定稼働を維持する為、障害を早期に検知する監視ツールの整備を充実。ネットワーク機器、ディスク

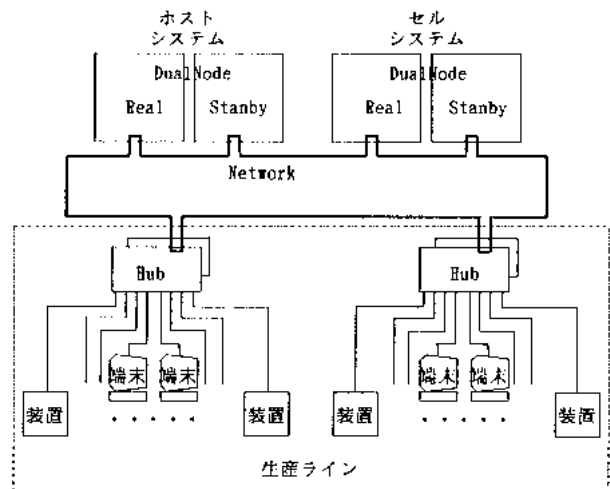


図4 TFT形成工程ネットワーク図
Fig. 4 TFT line network configuration.

装置は2重化。ホスト、セルコンピュータはスタンバイ機を設け、障害発生時スタンバイ機で稼働出来る仕組みを採用、等障害対策を充実させた構成である。

4・2・2 液晶セル工程管理システム

(1) 装置の自動化

TFT形成工程から供給する基板が収納されたカセットを投入すると、基板単位で処理を行い、貼り合わせ後、パネルに分割し、液晶注入し、封止する工程までの処理を行う約20種類の装置から構成するインラインのシステムであり、各装置には、基板番号を読み取る認識装置を備え、コンピュータシステムと情報通信が出来る機能を持っている。

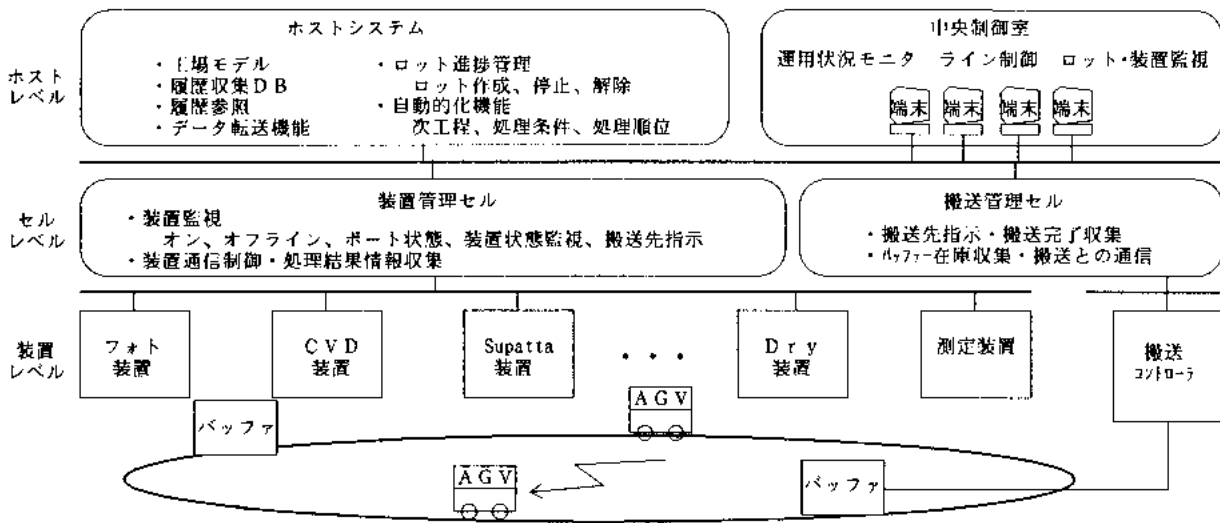


図3 TFT形成工程管理システム構成
Fig. 3 TFT line control system configuration.

(2) 装置との通信方式

各装置の制御はシーケンサ方式の制御であり、コンピュータとLANで接続する為に、各装置毎にパソコン(PC)を配置し、コンピュータとPC間をLANで接続する独自の通信方式を採用。条件照合確認、条件ダウンロード、通過情報収集等を短いタクトタイムの間に会話できる方式を導入。

(3) コンピュータによる自動制御機能

装置を基板が通過する毎に、装置は基板番号を報告する。その情報を基に処理条件照合を行い、通過時間、処理条件等の通過情報を収集する仕組みである。

収集した情報を基に、進捗管理、仕掛かり管理、実績管理等の工程管理情報を集計する。又、不良品追跡による不良原因解析が容易に行える様に、TFT形成工程のロットと基板、及び、基板と分割されたパネルのデータの紐付け管理を行う。(図5)

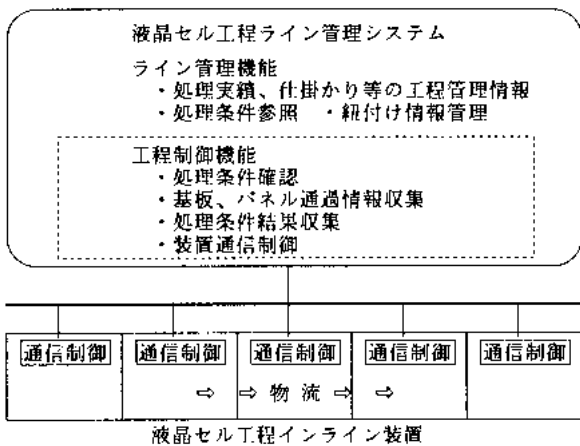


図5 液晶セル工程管理構成図
Fig. 5 Injection line control configuration.

4・2・3 パネル検査工程管理システム

各パネル検査装置はパネル検査工程を管理するコンピュータシステムに接続し、各装置の処理実績、検査判定結果、欠陥情報を自動収集し管理するシステムである。パネルの検査結果、及び、欠陥の詳細情報は、それぞれ、生産管理システム、情報解析システムに転送し工場全体システムの中で情報が活用出来る仕組みになっている。

4・3 情報を活用する機能(図6)

4・3・1 装置メンテナンス管理システム

各工程管理システムから各装置の処理実績を収集し、予め登録された装置のメンテナンス項目を、処理枚数、処理日数等の周期管理を行い、周期に達すると警告を発生。その警告に基づきメンテナンスを実施し、実施記録を管理するシステム。装置の安定稼働維持を目的とした機能。

4・3・2 SPC管理システム

各装置の処理履歴と関連付けて、線幅、膜厚、抵抗値、ダスト等の工程内品質情報、及び、処理温度、時間、電圧等の装置の処理結果をリアルタイムで収集し、処理装置の各レシピ毎にコントロール図を提供する。予め設定されている警告基準をオーバすると警告を発生。警告が発生した装置に対して改善アクションを取り、アクション結果の履歴を管理する仕組みを持ったシステムである。工程内の異常を早期に発見し対処を行い、各工程処理のセンター値管理を行う事が目的である。

4・3・3 情報解析システム

TFT形成工程の処理履歴情報、TFT形成工程内検査欠陥情報、貼り合わせ、液晶注入工程情報、パネル検査判定情報、欠陥情報、等の情報をデータベースに取り込み、データベースの各項目を検索対象にして、ロット単位、基板単位、パネル単位の詳細情報が複数の検索条件で、汎用的に情報抽出が出来、WWWブラウザ、及び、Excelを用い、散布図、トレンドチャート等に加工し欠陥の要因解析を行う、データ高速検索システムで、良品率改善を目的とした解析システムである。

4・3・4 生産管理情報提供システム

工場の操業を把握する為のシステムである。液晶の生産ラインは、投入から出荷まで、それぞれ独立したシステムで管理されている。この情報を収集し、生産管理情報を集計するシステムをNTサーバを用い構築。各部門の端末に、機種別、工程別の仕掛かり、生産実績をリアルタイム表示、前日の良品率が翌日の朝に自動的に表示出力出来る仕組みを開発し運用している。

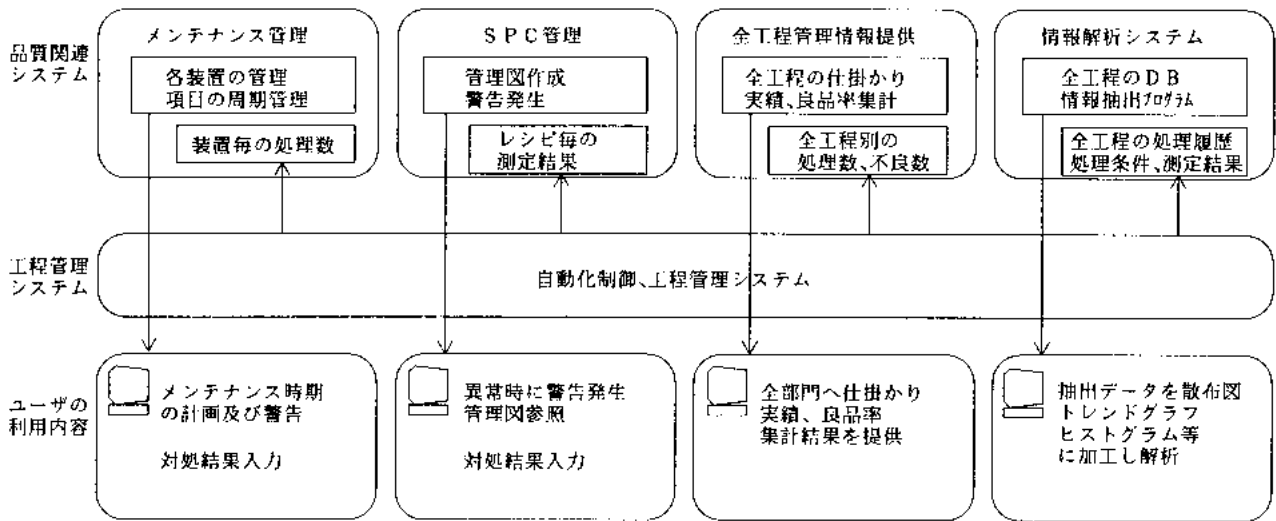


図6 品質情報関連システム構成
Fig. 6 Quality control system configuration.

むすび

システム導入により工場の総合的な改善が出来た。むすびとして、導入による効果と今後の課題について述べる。

(1) システム導入の効果

生産ラインでは、作業ミスが激減、最小限の生産人員で生産が可能、欠陥が低減、リアルタイムに情報が抽出出来、迅速な対応が取れる事により装置稼働率向上、工程内品質向上、生産手番短縮等の効果を得た。

又、データの迅速な検索が可能となり、間接人員、技術者の業務内容が創造的業務へ転換、又、工程自動化により生産部員の業務内容が、ロット搬送、条件設定等の肉体労働から装置維持管理、ライン制御を中心とした業務へ変革し、総合的な業務改善を達成している。

(2) 今後の課題

工場全体の自動化を達成し、リアルタイムで状況が

把握出来るシステムが完成した。今後の課題は、複雑な工場運営に適合する新規機能開発、及び、現行機能改善による工場運営効率を更に向上させる事である。

(a) 新規機能の開発

今後要求される新規機能は、品質を向上させる為の、解析機能、装置のパラツキ制御機能、及び、生産計画変動に迅速に対応出来る生産計画作成、出荷予測等を支援する機能である。

(b) 工場運営に適合する機能開発

工場運営は日毎に改善されている。例えば、工場立ち上げ当初に必要な機能と安定稼働に入った段階に必要な機能は異なる。この様に、生きものの様に変化する工場運営にシステム機能を追従させなければ、システムは陳腐化し工場効率は低下する。継続的なシステム改善が重要な課題である。

(1997年10月24日受理)