

装置データ高速収集・解析システム

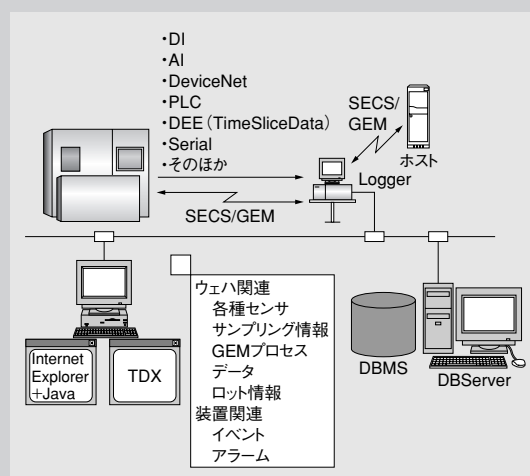
SEM, EES, FD, PLC, 装置故障, 予防保全, 高速データ収集

* 萩原隆生 Takao Hagiwara

概要

当社は、半導体製造装置向けEES (Equipment Engineering System) のプラットフォームを構築するためソフトウェアパッケージ製品「MAGNILOG」を開発・販売してきたが、この度、三菱電機(株)製汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズと連携した「装置データ高速収集・解析システム」を開発した。

この開発により、従来では不可能だったミリ秒単位での装置データ収集が可能となり、MAGNILOGの性能が大幅に向上した。また、ウェハ搬送ロボットの動作異常や振動、バルブの開閉などのメカ動作の異常検知、プラズマエッチングにおける高精度のエンドポイント解析などへの適用が可能となった。



MAGNILOGシステム構成図

1. ま え が き

近年、半導体製造業界では、半導体製造装置が正常に機能しているかどうかをデータでチェックし、装置の信頼性や生産性を向上させるため「装置エンジニアリングシステム (EES: Equipment Engineering System)」が一般的になりつつある。このEESは、欧米デバイスメーカーが提唱する次世代工場 (NGF: Next Generation Factory) においては必須機能とされている。当社では半導体製造装置にEESを実装するためのプラットフォームソフトウェア「MAGNILOG」を既に製品化しているが、EESシステム自体も高性能化・高機能化が要求されている。

この度、当社は更なる高性能化の実現のため、「MAGNILOG」と三菱電機(株)製汎用シーケンサMELSEC-Qシリーズ「高速データロガーユニット

*電子機器工場

QD81DL96」を組み合わせた装置データ高速収集・解析システムを開発した。本稿では、製品の概要を紹介する。

2. 装置データ収集・解析機能に求められる要件

現在、半導体デバイス製造においては、急速なグローバル化が進んでおり、激しい価格競争に生き残るためには歩留まり向上による製品製造コストの削減が避けて通れないものとなっている。その一方で、現状の装置の有効稼働率は最大でも40%程度であり、ダウンタイムを最小限とすることを目的とした装置異常箇所の早期発見や、故障の予知・予防に対するニーズも高まってきている。

この装置異常検出のためのデータ監視 (FD: Fault Detection) 機能はこれまで存在していたが、装置データ収集周期は100ms程度であり、よ

り高精度のデータ収集が必要な特定の装置やプロセスにおいては、ユーザ要求を満足できるものではなかった。このような要求に対応するためには、ミリ秒単位の細かいデータ収集が必要であり、この要件を満たすべく新しく開発されたものが以下で紹介する「装置データ高速収集・解析システム」である。

3. 装置データ高速収集・解析システムの概要

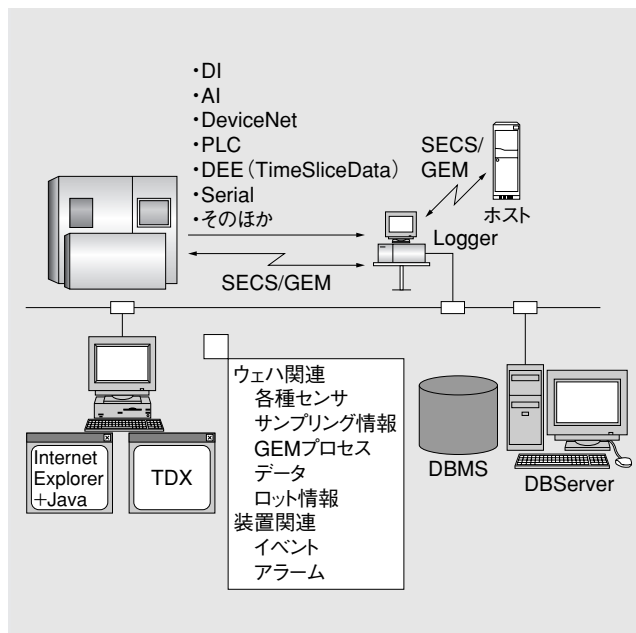
3.1 MAGNILOG概要

MAGNILOGは、EESのプラットフォームを構築するためのソフトウェアパッケージ製品である。また、装置データを収集するLoggerと、収集したデータをデータベースを用いて管理するDBServerとから構成される。今回、高速収集・解析システムに対応するため、Loggerの装置データサンプリング機能に、三菱電機(株)製の高速データロガーユニットQD81DL96との接続インタフェースを新規に開発した。

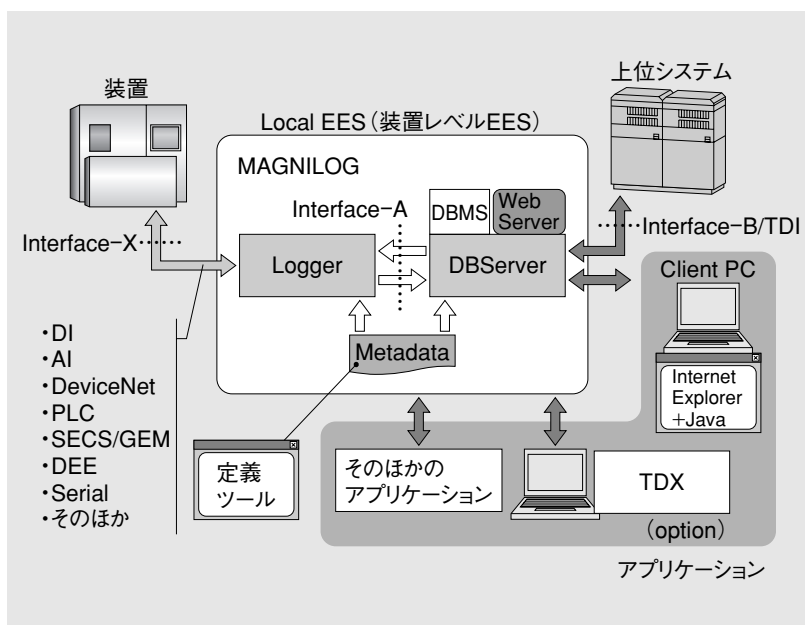
これによりデータ収集周期は、従来の100ms周期から5ms周期になり、解析精度が向上した。またオプションとして、EESに求められるAPC (Advanced Process Control) やFDなどの性能を高度な統計解析エンジンにより実現するアプリケーションソフトウェア デーディーエックス TDX (Tool Data eXplorer) を提供する。第1図にMAGNILOGを利用して構築するEESの一般的なシステム構成を、第2図にMAGNILOGのソフトウェア構成を示す。

MAGNILOGには、以下の特長がある。

- (1) Logger, DBServerの2種類のパッケージを用いて、同一機種・複数装置のデータや複数工程のデータを組み合わせ、大小様々な規模のシステムを柔軟に構築できる。
- (2) 各種センサや外部機器からのアナログ/デジタル入力信号を収集するDI/AI/DeviceNetインタフェースをはじめ、装置-ホスト間のホスト通信データを収集するSECS (SEMI Equipment Communication Standard)/GEM (Generic Equipment Model) インタフェースや、シーケンサとの直接



第1図 MAGNILOGシステム構成図
データ収集部、データ蓄積部及びデータ解析部の関係を示す。

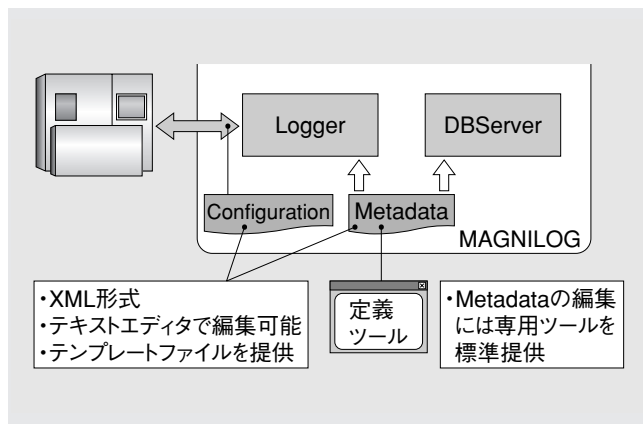


第2図 MAGNILOGソフトウェア構成図
LoggerとDBServerの基本構成と、オプションソフトウェアTDXから構成されていることを示す。

接続インタフェースなど、豊富な装置接続インタフェースを標準で用意している。

(3) 装置接続用の設定情報や収集するデータ項目に関する情報は、すべてXML形式のコンフィグレーションファイルで保持し、完全定義ベースでシステムを構築することができる (第3図)。

(4) DBServerパッケージは、当社オリジナルスキーマに対応した製品と、TDI (Tool Data Interface) 規格に対応した製品の中からお客様が選択するこ



第3図 完全定義ベース

設定情報はすべてXML形式であり、専用の編集ツールが用意されている。

とができる。

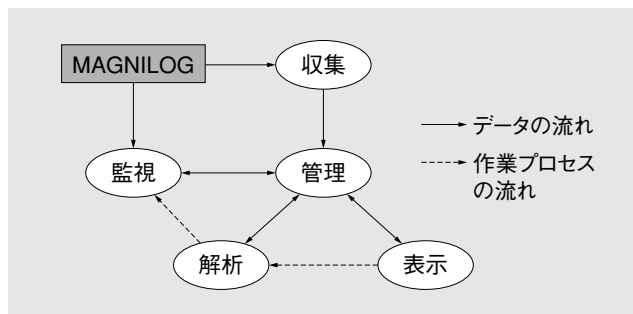
(5) データ解析・監視ツール「TDX Analyzer」と「TDX Monitor」を組み合わせることにより、高性能な統計解析を用いた装置データの解析・監視機能が実現できる。

3.2 TDX概要

TDXは、MAGNILOGにより収集したEE (Equipment Engineering) データを利用して、装置基本性能／プロセス性能の解析評価や故障診断を行い、最終的に装置性能を改善することを目的としたツールである。TDXを利用することで、装置メーカーは装置開発やトラブルシューティングの作業効率を向上することができる。一方デバイスメーカー (ICメーカー) は、プロセス解析作業や装置保守・運転監視作業の効率を大幅に向上することができる。

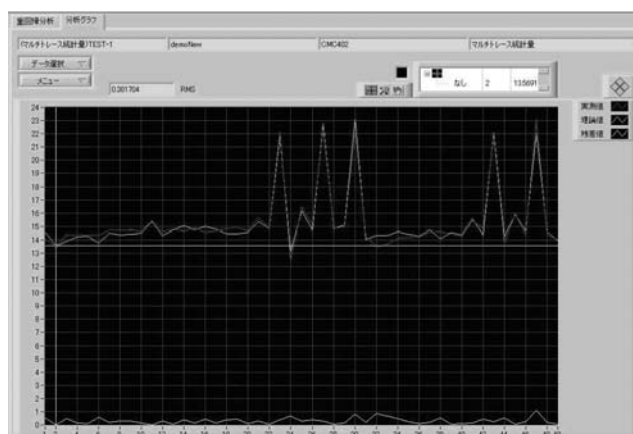
TDXの主な機能は、(1)装置データ収集、(2)装置データ表示、(3)装置データ管理、(4)装置データ解析、(5)装置監視からなる。第4図に各機能と関係を示す。

- (1) 装置データ収集 MAGNILOGとの専用インタフェースを介して、装置データを収集する。CSV形式の外部ファイルの読み込みも可能である。
- (2) 装置データ表示 装置データを画面に表示する。表示方式には以下のものがある。
 - (a) リスト表示：データ一覧表示
 - (b) グラフ表示：ライン波形表示 (単一／マルチ)／散布図表示／SPC (Statistical Process Control) 表示／相関図表示／ヒストグラム表示／ガードバンド (GB) 表示 (設定)／多変量解析結果表示



第4図 TDXの主な機能と関係

TDXから見た装置データと解析処理の流れの関係を示す。

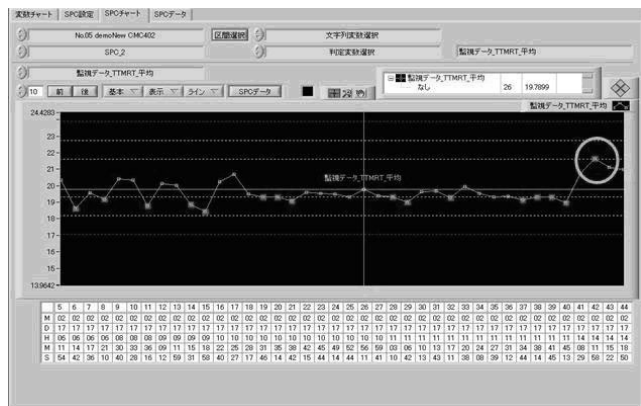


第5図 重回帰分析 (TDXの画面例)

重回帰分析結果のサンプルをグラフ表示したものである。

- (c) リアルタイムグラフ表示：ライン波形表示／GB波形表示
- (3) 装置データ管理 取り扱うデータをタイプ別に管理する。
- (4) 装置データ解析 以下の機能がある。
 - (a) 波形解析：非統計解析 (サブ区間抽出／波形変換)／自動解析 (サブ区間抽出／波形変換／統計量抽出／統計チェック (マルチSPC／相関)／波形チェック／ガードバンド設定／イベント抽出／論理イベント作成)
 - (b) 統計解析：SPC表示 (データセットリスト表示／3σ表示)／マルチ相関表示 (1面散布図, 相関係数計算／6面散布図)
 - (c) 多変量解析：主成分分析, 重回帰分析, 判別分析 (マハラノビスタグチ, HotellingT²), PLS (Partial Least Squares) 回帰
- (5) 装置監視 波形解析や統計解析, 多変量解析の結果に基づいて, 装置データをリアルタイム監視するモデルを作成して監視シーケンスとして実装する。

第5図と第6図にTDXの画面例を示す。



第6図 SPC解析 (TDXの画面例)
SPC解析結果により、異常ポイントを検出した例を示す。



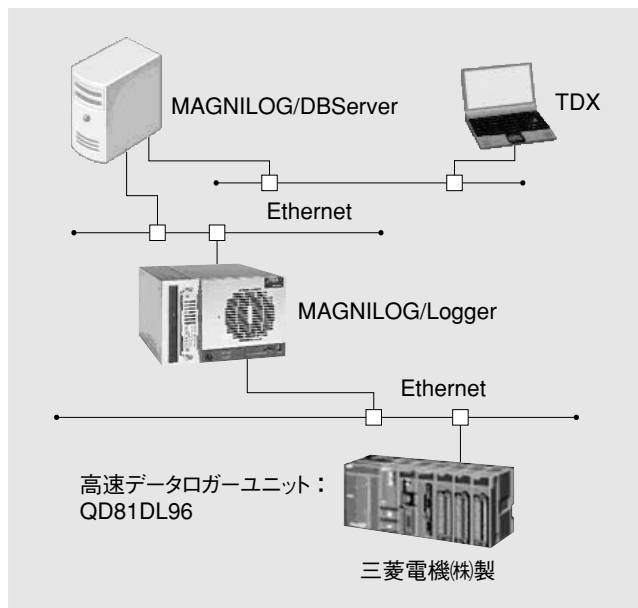
第7図 MELSEC高速データロガーユニット
三菱電機(株)製MELSEC高速データロガーユニット QD81DL96の外観を示す。

3.3 高速収集・解析システム概要

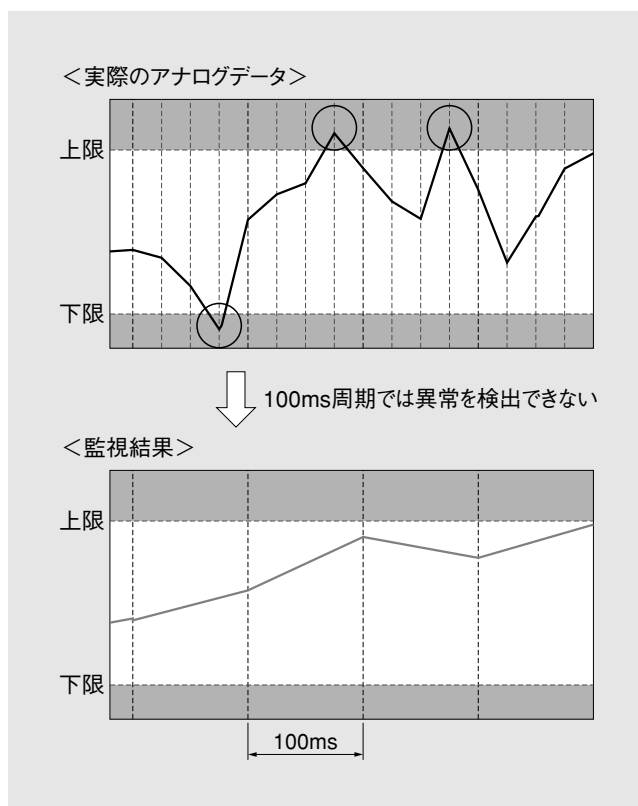
MAGNILOG Loggerにおける装置データサンプリング機能に、三菱電機(株)製の高速データロガーユニット QD81DL96 (第7図) との接続インターフェースを新規に開発した。

QD81DL96は最短で1ms周期でのデータ収集が可能であり、MAGNILOG Loggerには5ms周期で100ms分のバッファリングされたデータ群として受け渡される。MAGNILOG Loggerもこれに合わせる形で、5ms周期のデータ解析・監視機能を新規に開発した (第8図)。

従来の装置データ収集・解析システムでは、100ms周期のデータの収集・解析が一般的であった。そのため、100ms周期より短いスパンでの装置データの異常を検知できないという問題があっ



第8図 高速収集・解析システム構成
QD81DL96とMAGNILOGを組み合わせたデータ収集・解析システム構成図を示す。



第9図 従来システムにおける問題
データ解析の周期よりも短い周期で発生するデータ異常を検出できない場合があることを示す。

た (第9図)。
今回開発した装置データ高速収集・解析システムは、この問題を解決し、従来検知できなかった非常に短い周期でのデータ異常を検知することが可能となった。

この高速収集・解析機能により、ウェハ搬送ロボットの動作異常や振動、バルブの開閉などのメカ動作の異常検知、プラズマエッチングにおける高精度のエンドポイント解析などが実現可能となった。

今後は以下の分野への適用を図っていく。

- (1) 半導体・FPD (Flat Panel Display)・ウェハメーカー 半導体製造ライン全体の異常監視・稼働率向上
- (2) 半導体・FPD製造装置メーカー 半導体製造装置の高付加価値化
 - (a) リアルタイム監視システム実装後の監視ロジック変更が可能（例：プラズマ装置のエンドポイント検出口ジックを生産現場でチューニングできる。）
- (3) そのほか、PLCによる自動制御を行っている生産ライン
 - (a) 自動車メーカーや化学プラントなど、振動の影響が製品品質に大きく影響を及ぼす生産ラインの異常解析・監視
 - (b) 食品メーカーや医療機器メーカーなど、高度な製品品質を要求される生産ラインへのリアルタイム異常解析・監視

4. む す び

今回開発した装置データ高速収集・解析システムは、MAGNILOGとMELSEC高速データロガーユニットのコラボレーションである。MAGNILOGにとっては、データ収集の性能が大幅に向上するメリットが得られ、またMELSEC高速データロガーユニットを適用する最適なソリューションを確認できた。

今後も引き続き基本性能の向上を図ると共に、アプリケーションの機能強化・拡充に努める所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



萩原隆生 Takao Hagiwara
半導体関連パッケージのソフトウェアの開発に従事