

# 全自動超薄膜計測システム UT-300 の ソフトウェアシステム

## Software System of the Full Automated Spectro-Ellipsometer UT-300

鉤 正章

### 要 旨

UT-300 は、半導体デバイス製造ラインで、薄膜の膜厚、屈折率、減衰率などの光学定数を測定する全自動超薄膜計測システムである。分光エリプソ法を測定原理とした本装置は、多層・超薄膜の特性を正確に測定することができる。本稿では、ソフトウェアシステムを中心に、UT-300 の機能と特長を紹介する。

### Abstract

Full automated Spectro-Ellipsometer UT-300 has developed to measure the optical properties of thin films on the semiconductor fabrication process. The UT-300 can analyze the film thickness, refractive index, and extinction coefficient of multi-layer and ultra-thin film precisely. We introduce software system and it's various features of the UT-300.

## 1 はじめに

半導体デバイスの高性能化・高密度化に伴い、デバイスの生産途上において薄膜の光学特性を正確かつリアルタイムに評価できる計測機へのニーズが急増している。薄膜の光学特性評価には偏光解析法が有効な測定方法だが、既存の測定機器は感度が低く、研究用のものを流用していたため測定作業効率が低かった。そこで、ホリバグループでは、堀場ジョバンイボン社の優れた光学技術と堀場製作所の計測システム技術を融合して、分光エリプソメトリーに基づく全自動超薄膜計測システム UT-300( 図1)を開発した。本稿では、前報( Readout No.21 )<sup>1)</sup>に続き、ソフトウェアを中心に UT-300 の計測システムを紹介する。



図1 全自動超薄膜計測システム UT-300

## 2 測定原理とハード構成

### 2.1 測定原理

分光エリプソ法とは、物質の表面で光が反射する時の偏光状態の変化(入射と反射)と観測し、そこから膜厚や材質など物質に関する情報を求める方法である。UT-300は位相変調方式の測定原理に光弾性変調素子(PEM; PhotoElastic Modulator)を用いた分光エリプソメータを採用している。図2にUT-300の測定部の写真を、図3に光学系のブロックダイアグラムを示す。

UT-300では、図3に示したように直線偏光はPEMを通すことで、50kHzの周波数に位相変調された楕円偏光となる。このため、わずか数ミリ秒の分解能で位相差、振幅を決定することができる。また $\cos$ に加え $\sin$ も検出することができるため、 $\theta$ の測定精度が高くなるという利点がある。特に、PEMを用いているため、高精度、高速性に加え、機械的振動の影響を受けにくい測定が可能である。

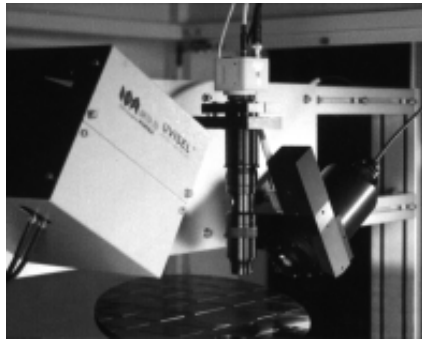


図2 UT-300 の測定部

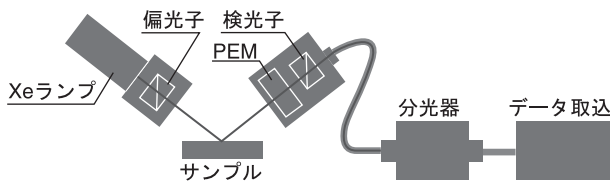


図3 測定原理

## 2.2 ハードウェア構成

UT-300は、複数のカセットポート、ウエハをハンドリングするロボット、ウエハ・アライメント・ユニット、エリプソメータ、パターン認識機構、そして被検ウエハをセットするX-Y-Z 3軸ステージなどのユニットから構成されている(図4)。本装置は、次のように最新のラインに対応できるように、最大300mm 3種類のサイズのウエハに対応し、高速で搬送できる。

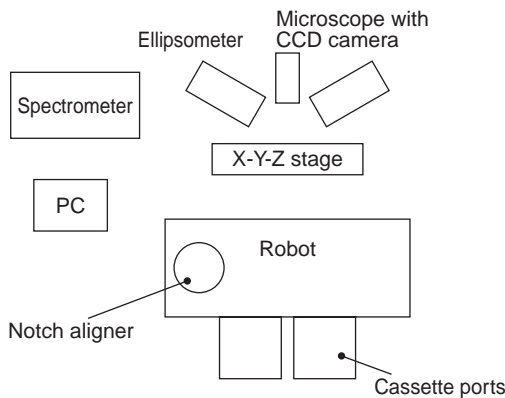


図4 ハードウェアのシステム構成

## 3 ソフトウェア

### 3.1 ソフトウェアのシステム構成

UT-300では、ウエハ搬送・制御、パターン認識、オートフォーカスなどの測定条件の設定、測定されたスペクトルから膜厚や光学特性などの演算処理、更には測定結果の表示及びデータの保存など一連の計測工程は、専用のソフトウェア・システムを内蔵したPCによってコントロールしている。

このソフトウェア・システムは、ロボット・マネージャー (RM)、センサ・マネージャー (SM)、エリプソメータ・ステーション (ES)、CIM マネージャー、シェル、UT-DMS、そしてデータベースから構成されている(図5)。

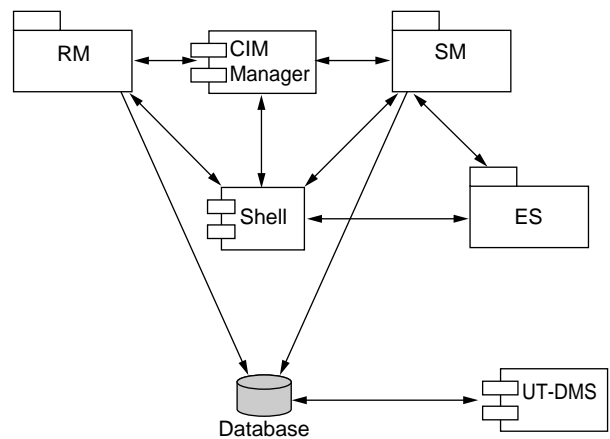


図5 ソフトウェアのシステム構成

#### (1) ロボット・マネージャー (RM)

RMはカセットとロボットの実行レシピの統合を担っている。ロボットは、計測系全体のスループットが最大になるように、動作中常に最適制御されている。

#### (2) センサ・マネージャー (SM)

SMは個々のウエハの測定、測定状態のリアルタイム監視、及び測定の履歴の管理を担っている。計測結果はデータベースに貯えられる。

#### (3) エリプソメータ・ステーション (ES)

ESはDeltaPsi及びPRステーションの二つのサブステーションから構成されている。DeltaPsiはエリプソメータによる測定を実行する。また、PRステーションはパターン認識と高さ方向の測定位置を一定に保つため、自動的に焦点位置を制御している。

#### (4) CIM マネージャー

CIMマネージャーはお客様のホストコンピュータとの通信を担っており、半導体プロセスの国際的な通信規格であるSECS/GEM、あるいは個々のお客様の特別仕様に対応している。

(5) シェル

シェルは、すべてのモジュールが表示され実行されるワーキングエリア及びモジュール間の通信機能を提供する。RMとSM間の依存性を最小限に抑えてあり、RMを他のセンサ類用として容易に再利用することもできる。

(6) UT-DMS

UT-DMSは、UT-300に保存されている測定結果にネットワークを介してアクセスし、二次元、等高線、三次元あるいはトレンドグラフなどのさまざまな形式で表示することができる。技術者はオフィスからイントラネットを介して、クリーンルーム内の装置の測定結果にアクセスし、測定結果の確認やレポートの作成ができる。

3.2 測定シーケンス

UT-300では次のようなシーケンスで測定を実行している(図6)。

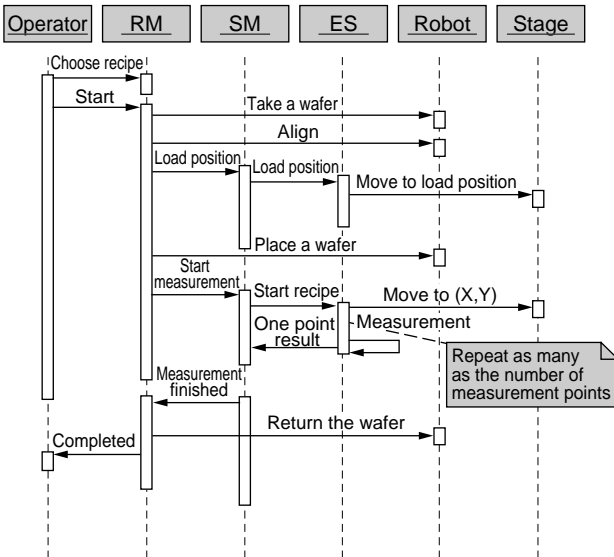


図6 測定シーケンス

(1) サンプルの設定 (RMがコントロール)

カセットポートでキャリアからウエハを1枚ずつ取り出し、回転・芯出しを行い、計測ステージに載せた後に、SMに対して測定開始を要求する。

(2) 測定と結果の表示 (SMとESがコントロール)

SMはESに対して測定開始を指示すると共に測定値をリアルタイムに表示する。

測定完了をRMに知らせると、RMはウエハをカセットに戻す。

(3) データの保存と取り出し

測定結果はデータベースに貯えられ、各技術者は任意にアクセスして取り出すことができる。

3.3 通信システム

UT-300の通信は、半導体製造装置の通信及びコントロールのための包括的モデルであるGEM(Generic Equipment Model)に準拠しており、世界中の半導体生産ラインに対応できる。ホリバではSEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)が提唱している各種の新しい規格(E87, E40, E90, E94など)に則ってホストコンピュータとの通信モジュールを開発中で、これにより、装置の詳細な監視とコントロールが可能となり、また、お客様の製造ライン、ホストコンピュータ、イントラネットとネットワーク化できる。

3.4 特長的な機能

UT-300は上に記したようなソフトウェアにより、デバイス生産プロセス現場からのニーズに応え、次のような高い操作性と機能を実現した。

(1) 測定レシピの設定

装置にウエハの入ったカセットを載せると、装置は各スロットのウエハの有無を自動的に確認する。そして、オペレータは全ウエハを一度に、あるいはウエハを選んでレシピを設定し、測定開始を指示する。装置はウエハを順にカセットから取り出し、レシピに従って測定を実行し、カセットに戻す。図7に測定レシピの設定画面を示す。

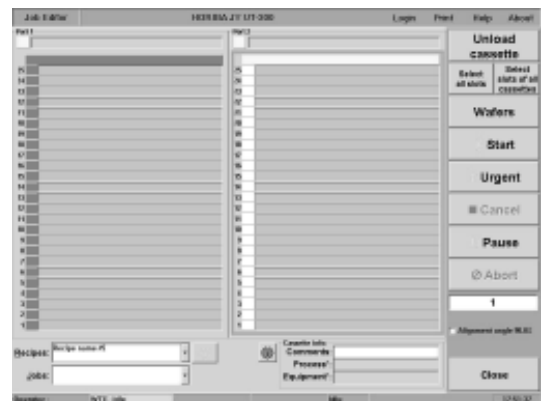


図7 Job Set Up 画面

(2) 装置の稼動状況をリアルタイム監視

現在の測定状況をリアルタイムに表示(図8)することにより、装置の稼動状況を一目で確認することができる。

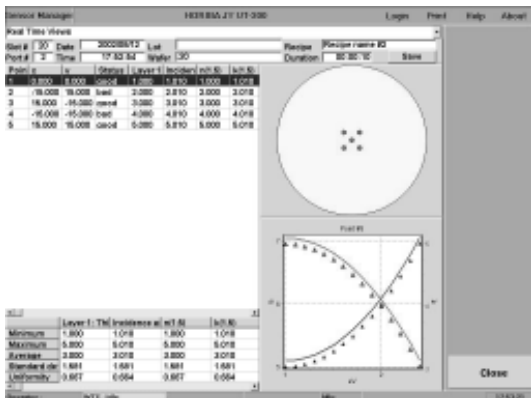


図8 Real-time View

(3) 測定結果のトレンド表示

一連の測定結果を画面表示することにより、個々のウエハの良否を判定するばかりでなく、プロセスの異常を早期に発見することができる(図9)。



図9 Cassette Trend Graph

UMLはソフト開発の共通ツールとしても大変役立った。我々ソフト開発チームは、フランス、ロシア、日本と言葉も技術的な背景も異なるメンバーで構成され、すべてのメンバーにとって新しい試みであった。また、UMLは、各拠点の開発技術者が作ったソフト・モジュールの設計内容を互いに理解しているか否かをチェックするためにも役立った。

このようにして作ったソフトは、それぞれ専用のシミュレーション・ソフトでテストし、最終的には実際のハードウェアに組み込んで検証した。

5 おわりに

UT-300は、膜厚や光学定数を正確かつリアルタイムに測定・解析できる現場型の計測機だと、半導体デバイス製造ラインの方々から期待されている。計測機器に求められる機能は、分野や計測対象が異なっても共通する部分も少なくない。我々は、本稿で紹介したUT-300アーキテクチャを、フラットパネル用大型ガラス基板の検査評価システム FF-1000のプラットフォームにも適用して好評を得ている。一方で、異なる分野間での情報の流れが十分でないケースも少なくない。今後は、我々計測機器メーカーがお客様と一体となって、ラインの生産性向上のお役に立ちたいと願っている。

参考文献

[1] 永井, N.BLAYO, 平川, N. Gabain etc, 全自動超薄膜計測システム UT-300, Readout Horiba Technical Report, No.21, 2000

4 UML によるソフトウェアのグローバル開発

UT-300のソフトウェアは、市場ニーズにすばやく対応するため、オープンかつフレキシブルなアーキテクチャを目指した。このため、フランスのジョバンイボン社(JY)、ロシアの堀場製作所モスクワ駐在員事務所(HMR)、日本の堀場製作所(HOR)の三者で共同開発した。JYはセンサ部を、HMRとHORがロボット、データベース及び共通部の開発を担当した。

本システムは非常に多様かつ複雑であるため、ソフト開発担当者が度々お客様を訪問しご要望を確認した。この時、我々は世界共通の表記規格であるUML(Unified Modeling Language)を使ってニーズを解析し、アイデアを提案した。



鉤 正章  
Masaaki Magari  
半導体システム開発部  
ソフト開発チーム  
チームリーダー