

Part 1 システム構成

System Configuration

永井良典

要旨

全自動分光エリプソメータ UT-300 は、半導体薄膜の膜厚、屈折率、減衰係数を正確に測定・解析できる全自動超薄膜計測システムである。半導体分野における薄膜計測のニーズを背景に開発された UT-300 は、ますます高度化・多様化する半導体生産ラインに合わせて、フレキシブルなシステム構成となっている。ここでは、システム構成の概要と特長的な機能を紹介する。

Abstract

The UT-300 is a full automatic ultra-thin film measurement system which can accurately measure and analyze refractive index, and attenuation coefficient, as well as the thickness of semiconductor thin films. The UT-300 has been developed amid the needs for thin-film measurement in the semiconductor field, and has a flexible system to suit the ever-advancing and diversifying semiconductor product lines. Here, I will discuss the system configuration and main features.

1 半導体分野における薄膜計測のニーズ

近年、半導体やFPDの製造工程において、薄膜関連の計測・制御技術の重要性が注目されている。とくに、より薄いゲート酸化膜や低吸収膜などが新世代デバイスに採用されていることもあり、1~5nmという超薄膜の膜質評価が求められている。また、フラッシュ・メモリに採用されている、シリコンの酸化膜と窒化膜を交互に積み重ねた多層膜構造(ONO膜)やSOIウエハ上の多層膜などを、より正確に評価することが求められている。

これらの薄膜は、膜の物理的な厚さの他に、屈折率や減衰係数などの光学特性や組成の均一性などの評価が必要とされている。従来、半導体の製造現場では、干渉計を使って膜厚を測定したり、分光光度計による分光反射率測定やレーザ光源を用いたエリプソメータによる偏光解析法により光学定数を求めてきた。とくに、多波長を同時に測定する分光エリプソメータは、紫外から可視、赤外にいたる広い波長領域を高精度に測定できるため、半導体プロセスにおける超薄膜、多層膜の解析・評価用として注目されている。

一方、半導体デバイスの線幅はますます微細になっており、現在0.35~0.25 μm 、次世代デバイスでは0.18~0.13 μm が採用されようとしている。これらの製造現場では、微小な異物パーティクルが歩留りに大きく影響することが知られており、決定的な汚染源である作業者とウエハを

切り離すことが求められている。そこで、各工程間の搬送用として前開き一体形ポッド(Front Opening Unified Pod: FOUP)が考案され、ロボット搬送システムと合わせて、完全無塵化に向け急速に改善が図られている。また、生産効率を上げるために、直径300mmとシリコンウエハの大口径化も進んでいる。

半導体プロセスの生産性向上のために、これら生産ラインの高度化・多様化に対応できる薄膜評価装置が強く求められている。

2 UT-300の開発背景

1997年にフランスの理化学機器メーカー Jobin Yvon S.A. (JY社)がホリバグループの一員に加わった。JYは、高精度の回折格子を基盤とした各種の分光装置を製品化しており、分光エリプソメータも世界中の大学や研究機関を中心に約200台の販売実績があり、高い評価を受けている。また、愛宕物産(株)は、JY社の分光エリプソメータの日本総代理店として、機器の販売からメンテナンス、さらには独自のデータ解析用ソフトまで、薄膜評価に関するノウハウを提供・蓄積してきた。一方、堀場製作所は、永年にわたりレチクル異物検査装置(PDシリーズ)、半導体製造プロセスにおける自動ハンドリングシステムや工場内データ通信技術などのノウハウを培ってきた。

おりしも半導体工場では、従来のように生産ラインの評価用ウエハを取り出して測定・評価する方法から、ラインに直結できるin-situ薄膜計測システムへの要望が急増している。

堀場製作所 / JY / 愛宕物産のホリバグループ3社は、これらの半導体製造ラインが高度化・多様化している状況に呼応する形で、分光エリプソメータをベースとした全自動超薄膜計測システム UT-300(図1)を開発した。



図1 全自動超薄膜計測システム UT-300
Full Automatic Spectroscopic Ellipsometer UT-300

3 UT-300のシステム構成

UT-300は 分光エリプソ本体, ウエハ搬送機構, 計測制御システムの三つの要素からなる。

3.1 エリプソメータ

分光エリプソメータは、試料表面から反射した偏光の変化量を測定し、薄膜の膜厚と光学特性(屈折率, 吸収係数)を高精度で算出する装置である。JY社の分光エリプソメータの最大の特長は、位相変調をするために光弾性変調子(Photoelastic modulator:PEM)を使っている点で、このため超薄膜の光学定数を高精度に測定できる(図2)。詳細は、本稿に続く「Full automatic Spectroscopic Ellipsometer UT-300 (Part 2) Basic Principles of Ellipsometry and PEM」で詳しく述べる。

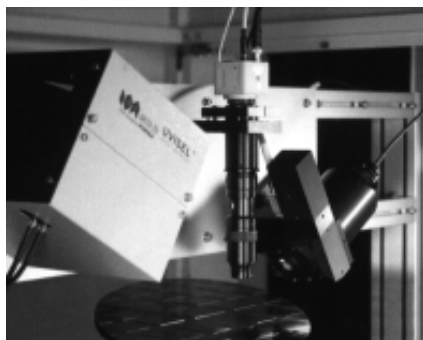


図2 光学系
Optical system

3.2 搬送系

UT-300は、エリプソメータ単体の優れた性能を保持したまま、生産ラインで高い効率の測定・評価ができるようにシステムを構成している。

近年、生産ラインの効率アップを図るためにミニエンバイロメントの考え方がさかんに導入されている。この考え方は、ウエハを成膜装置や検査装置へ移動する際にFOUPやAGV(自動搬送車)などを使って、できる限りクリーンな環境を保とうとするものである。UT-300は、300mm対応のFOUR(ダブル/シングル)にも、また6~12インチのオープンカセットのいずれにも、ラインの状況に合わせて最適なシステム構成を選択できる。図3に典型例を示す。

なお、通信にはGEM(Generic Equipment Model)やSEC(SEMI Equipment Communications Standard)などの国際標準規格にも適応し、ラインのホストコンピュータと直結できる。

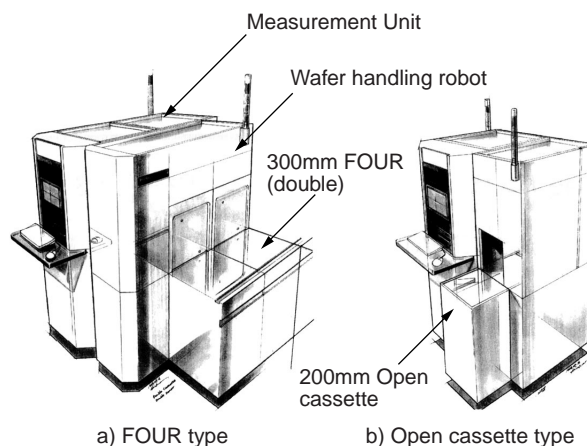


図3 システム構成例
Typical system configuration

3.3 計測制御

測定条件は、オペレータ・モードとエンジニアリング・モードの2種類が用意されており、測定内容や測定担当者の習熟度に応じて選択する。同じ条件で繰り返し測定するような生産ラインで使う場合には、オペレータ・モードが便利である。このモードでは、Job-set画面(図4)でJob-nameを選択するだけで測定でき、複雑な計測レシピや手順を改めて設定する必要がない。一方、成膜プロセスの条件出しや新しい膜を評価するような場合には、エンジニアリング・モードで最適計測条件を選び出す。

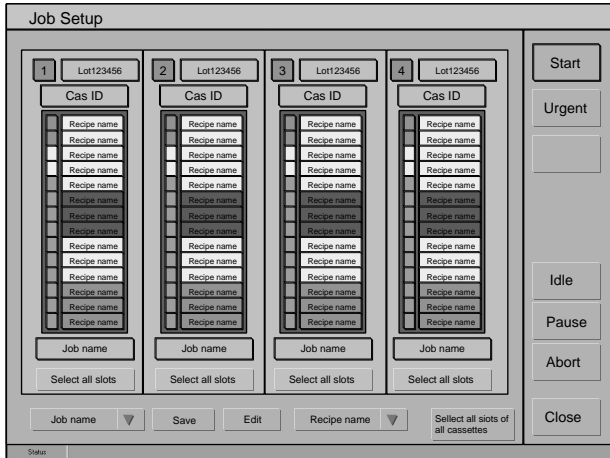


図4 Job セットアップ画面
Job set up screen

測定は全自動で行われ、高精度パターン認識機能と組み合わせて、ウエハ内の膜厚分布と測定位置を対応して表示することができる(図5)。

計測結果の管理画面では、各ウエハごとに屈折率、減衰係数を表示し、またトレンドグラフ表示(図6)により成膜状態の経時変化を的確に把握することもできる。さらに、あらかじめ膜厚の管理範囲を設定しておく、これからはずれた場合には赤色や黄色で表示するため、一目で品質管理ができる。

UT-300の基本的な仕様を表1に示す。

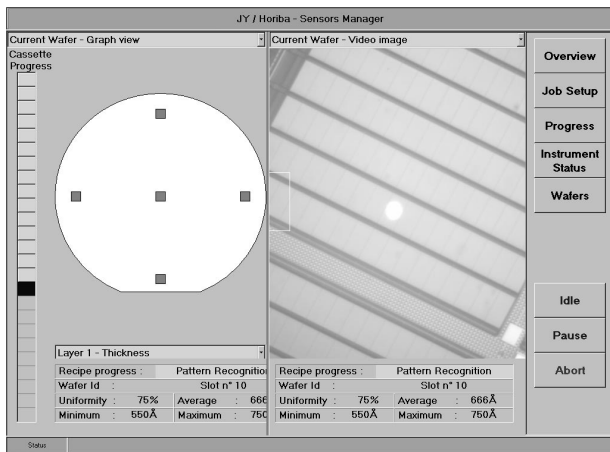


図5 計測ポイント表示画面
Measurement point screen

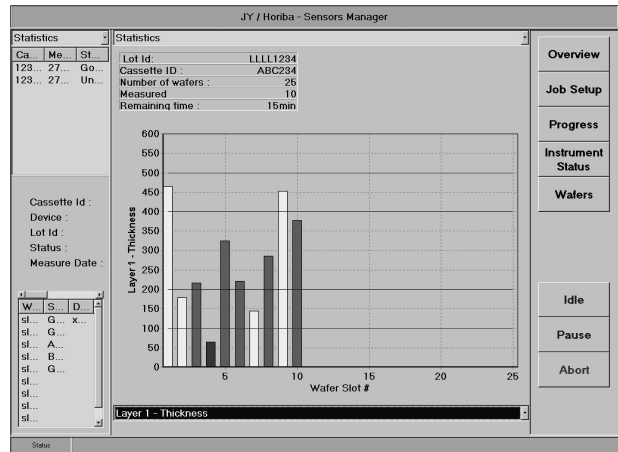


図6 計測結果のトレンドグラフ
Trend graph screen of measured results

型式	全自動超薄膜計測システム UT-300 シリーズ
検査対象	Si ウエハ
ウエハ仕様	標準：200mm, 300mm(ノッチ, オリフラ付)
測定性能	NISTの標準サンプルを使用 ビーム成形用ピンホールサイズは1mm 分光器はマルチチャンネルを使用 再現性精度：同一点を30回連続測定し、3の標準偏差で規定する 膜厚(3) +/-0.1nm以下 (+/-1% ㄫ 10nmのNIST SiO ₂ を使用) +/-0.25nm以下 (+/-0.5% ㄫ 50nmのNIST SiO ₂ を使用) +/-0.25nm以下 +/-0.25% ㄫ 100nmのNIST SiO ₂ を使用) +/-0.15%以下(200nmのNIST SiO ₂ を使用) 注1) NIST サンプルが汚染されていない事
スループット	約90枚/時間 目標 (主な条件) SiO ₂ 単層膜 波長(248 ~ 830nm)マルチチャンネル分光器の内、16chを使用 積算時間：200msec 演算時間：約1s/point 程度と仮定 ビームスポット径は1mm以上を使用 測定ポイントは5ポイント/ウエハとする サンプルロード/アンロードを含む ロボット：シングルアーム仕様 注1) サンプルウエハは汚染されていない事
使用波長	248nm ~ 830nm

表1 UT-300の基本的な仕様
Basic specifications of the UT-300

4 おわりに

UT-300は急増する薄膜解析のニーズを背景に開発した。本装置は、世界トップの性能を誇る回折格子のJY社の分光エリプソメータを心臓部とし、ホリバのメカトロニクス、さらに愛宕物産のアプリケーションノーハウとが結集した、最初の全自動超薄膜計測システムである。従来のエリプソメータは、主に研究室で熟練した技術者・研究者が使う専門性の高い、いわば使いにくい計測機であった。UT-300は、半導体の製造現場で誰もが手軽に使える装置を狙ったものである。

また本装置は、ホリバグループ各社が保有する各種のセンサ技術、計測制御技術、データ処理・解析技術を組み合わせることによって、薄膜計測の統合ステーションに発展する大きな可能性を持っている。

本稿をきっかけにお客様との交流を一層緊密に図り、より良い製品をご提供できることを願ってやまない。



永井良典

Yoshinori NAGAI

半導体システム営業部

マネージャー