

SEMI E141-0705

装置組込み型測定に用いるエリプソメーター装置の仕様についてのガイド

本スタンダードは、global Metrics Committee で技術的に承認されている。現版は global Audits and Reviews Subcommittee で 2005 年 5 月 20 日に発行が承認された。2005 年 6 月に www.semi.org で、そして 2005 年 7 月に CD-ROM で入手可能となる。

1 目的

1.1 装置組込み型測定技術の応用は、今後の集積回路(IC)製造のための先端プロセス制御において重要な要素になると予想される。通常デバイス製造ステップの特性評価や認定のために行われる測定において重要となるパラメータは、形成した膜の厚さと光学特性、およびサブミクロン構造の微小寸法(CD)である。これら両用途に広く使用されるエリプソメトリー(楕円偏光測定法)は、その測定原理から用途ごとに装置が異なり、したがってデータ取得やモデル化の手順および表記法も異なる。したがって、エリプソメトリーを組込み型用途に使用する場合、装置への物理的、およびソフトウェア的な統合方法を標準化し、装置や製造環境に固有の実装にかかる工数を排除する必要がある。

1.2 エリプソメーターを装置モジュール(例えば、フロント・エンド・モジュール、または装置チャンバ)へ組込む場合は以下の規定による。

- エリプソメーター装置の仕様、およびエリプソメーターのモジュールと素子の空間的配置
- エリプソメーター装置と装置モジュールの相対的位置関係の仕様
- 装置モジュールに対する機械的インタフェースの仕様

1.3 エリプソメーターに組み込むソフトウェアの標準化に必須の前提条件は、層数の数え方、測定パラメータ、測定データ、測定結果に対する標準化された表記法である。本書では、試料に対する測定装置の相対的位置について説明する。測定位置(すなわち、測定点の位置)は、SEMI M20 に記載されているウェーハ面内座標系の記述に従って表示する。

1.4 本スタンダードの目的は、もっとも広く使用されているエリプソメーター装置と、これを構成するモジュールや素子、およびその空間的配置に関して、統一された仕様を示すことである。本スタンダードでは、データの取得とモデル化に必要なパラメータの表記法を規定し、測定パラメータ、データ、結果へのリモートアクセスのための統一された表記法を示す。上記の定義から導かれる、エリプソメーターの校正状態を識別するために必要なパラメータについても規定する。また、推奨される物理単位系についても記載した。

1.5 本スタンダードは装置組込み型測定技術を目的とするものであるが、スタンドアロン型の測定技術にも適用可能である。

2 範囲

2.1 本スタンダードは、装置組込み型測定技術における反射楕円偏光測定に関して述べる。

2.2 本スタンダードでは、膜厚と膜の光学特性を決定するという、楕円偏光測定法の一般的な用途について述べる。

注意: このスタンダードはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本スタンダードの説明は、楕円偏光の測定技術に限られているが、定義は偏光測定技術一般にも適用できる。

- 3.2 本スタンダードは、等方性試料の測定のみを扱い、光学素子の配列の数学的处理にはストークスベクトル、ジョーンズマトリクス、ミューラーマトリクス形式のみを使用している。(7.6 項参照)
- 3.3 ストークスベクトルの全要素を測定する能力はエリプソメーター装置ごとに異なる。
- 3.4 測定できる試料の未知の光学特性の数、および微小寸法パラメータの測定能力は、エリプソメーター装置ごとに異なる。
- 3.5 本スタンダードでは、エリプソメーター装置の校正手順には触れない。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダード

SEMI E30.5 — Specification for Metrology Specific Equipment Model (MSEM)

SEMI E89 — Guide for Measurement System Analysis (MSA)

SEMI E127 — Specification for Integrated Measurement Module Communications: Concepts, Behavior, and Services (IMMC)

SEMI M20 — Practice for Establishing a Wafer Coordinate System

SEMI MF576 — Test Method for Measurement of Insulator Thickness and Refractive Index on Silicon Substrates by Ellipsometry

注意：別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

5 用語

5.1 定義

- 5.1.1 校正 (*calibration*) — 計器または測定システムが指示する量の値、または実量器や標準物質によって表される値と、これに対応した標準が規定する値の間の関係を、特定の条件の下に確立する一連の作業¹。
- 5.1.2 楕円偏光測定 (*ellipsometry*) — 試料表面で反射した後の光の偏光状態の変化を測定原理とする測定手法。楕円偏光測定は一般的に、膜厚、屈折率、消光係数、または微小寸法などの測定に適用される。
- 5.1.3 その場測定 (*in situ measurement*) — 装置のプロセスチャンバ内で行う測定。この測定をウェーハに対して行う場合、通常、測定に使用したウェーハは測定後プロセスフローに戻ることができる。ほとんどの場合、測定データは通常のウェーハ枚葉処理、あるいはウェーハ処理の時間枠の中で得られる(例えば、プラズマエッチング中の膜厚測定など)。
- 5.1.4 その場測定技術 (*in situ metrology*) — その場測定を行うための技術。
- 5.1.5 インライン測定 (*in-line measurement*) — プロセスチャンバを除く、装置または作業区域内のいずれかの場所で行われる測定。この測定をウェーハに対して行う場合、通常、測定に使用したウェーハは測定後プロセスフローに戻ることができる。ほとんどの場合、測定データは通常のウェーハ枚葉処理時間内に得られる(例えば、クラスタツールの冷却ステーション内で行う膜厚測定など)。
- 5.1.6 インライン測定技術 (*in-line metrology*) — インライン測定を行うための技術。
- 5.1.7 装置組込み型測定技術 (*integrated metrology*) — 装置または作業区域に密接に接続された測定装置による測定の技術。インライン測定、およびその場測定の機能を持つことを特徴とする。
- 5.1.8 膜厚 (*layer thickness*) — 2つの界面間の測定距離。
- 5.1.9 測定量 (*measurand*) — 測定の対象となる特定の量¹。
- 5.1.10 測定 (*measurement*) — 量の値を決定する目的を持って行われる一連の作業¹。

¹ International vocabulary of basic and general terms in metrology, Second Edition, ISBN 92-67-01075-1, International Organization for Standardization 1993.

5.1.11 測定器(measuring instrument) — 単独, または補助的な器具と組み合わせて測定を行うことを目的とする器具¹。

5.1.12 測定システム(measuring system) — 特定の測定を行うために組み立てられた, 計器と他の装置との組合せ¹。

5.1.13 計測(metrology) — 測定を行うための技術¹。半導体製造における計測とは, 寸法, 量, または容量を確定するための測定技術, ならびにウェーハ処理における物理的, 電気的特性決定のためのセンサおよび測定装置の使用技術と手順を表す²。

5.1.14 計測装置(metrology equipment) — 基板上のあらかじめ決められた, 特定の位置または構造に関する情報を, 一貫性のあるデータ構成に従って収集, 表示する装置, あるいは基板全体に関する一般的情報を表示する装置³。

6 エリプソメーター装置

6.1 エリプソメーター装置の仕様(Ellipsometer Equipment Specification)

6.1.1 反射楕円偏光測定では, 偏光状態が既知の光ビームを, 鏡面反射する試料表面に照射する。光ビームに伴う, 振動する電界ベクトルの平行および垂直成分の振幅と位相の変化両方(すなわち, 光ビームの偏光状態の変化)を, 複素振幅反射比として測定する。エリプソメーター装置の構成はいくつか考えられる。これらの構成は, 偏光測定を行うために必要な光学素子を含むモジュールの配置によって記述できる。また, 光学素子によっても, 光ビームの偏光状態が変化する。

6.1.2 したがって, エリプソメーター装置の仕様では, 測定系および試料系からの反射過程の両方に含まれる全てのモジュールと光学素子に関して記述し, これらの位置を試料と光ビームによって規定される座標系を用いて示す必要がある。さらに, 測定に使用する波長の数およびデータ取得方法に関する情報も示さねばならない。以下に, エリプソメーター装置の仕様に関連する定義を示す。

6.2 エリプソメーターモジュールの定義(Ellipsometer module definition) (図1 参照)

6.2.1 エリプソメーターモジュール(ellipsometer modules) — エリプソメーターは, 偏光子および検光子の 2 つのモジュールから構成される。モジュールには, 入射ビームの偏光状態を調整し, 反射ビームの偏光状態を分析するための素子が含まれる。

6.2.1.1 偏光子モジュール(polarizer module) — 試料系に作用させる, 厳密に規定された既知の偏光状態にある光ビームを生成する光学素子の配置。偏光子モジュールは, 偏光子と光源, 場合によっては補償器または変調器を含む。

6.2.1.2 検光子モジュール(analyzer module) — 試料系から反射した光ビームの偏光状態を測定できる光学素子の配置。検光子モジュールには, 補償器または変調器, および検出器が含まれる場合もある。

6.2.1.3 入射ビーム(incident beam) — 光源から偏光子モジュールを通過して試料表面に達する光のビーム。

6.2.1.4 反射ビーム(reflected beam) — 試料表面から検光子モジュールを通過する光のビーム。

6.2.1.5 入射面(plane of incidence) — 入射ビームおよび反射ビームによって展開される平面。

6.2.1.6 入射角 Φ_0 (angle of incidence) — 入射ビームと, 試料表面に立てた法線ベクトルがなす角度。

6.3 エリプソメーター素子の定義(Ellipsometer component definition) (図1 参照)

6.3.1 エリプソメーター素子(ellipsometer component) — 測定時に意図的に偏光状態を変化させるためのエリプソメーター内の光学素子。

6.3.1.1 偏光子P (polarizer) — 決められた偏光軸(通常は直線偏光)を持つ光を透過させる素子。

2 SEMATECH Official Dictionary, Rev 5.0, SEMATECH Inc., 2004 (www.semtech.org で入手可能。)

3 SEMI International Standards: Compilation of terms. March 2004 (www.semi.org で入手可能。)