

エリプソメトリーを用いた薄膜の光学定数及び膜厚の評価

鈴木 亜紀

構造化学研究部

要 旨 分光エリプソメトリーは光の偏光状態の変化を測定し、光学定数（屈折率・消衰係数）や膜厚を評価する手法として知られている。2021年に導入した高速分光エリプソメトリーM-2000UIによる、PVA膜スピコート直後の経時変化とシリコン絶縁膜の傾斜エッチング評価について解析例を紹介する。

1. はじめに

分光エリプソメトリーは、試料表面に光を反射させたときの偏光状態の変化を測定し、光学モデルをたてて計算することで、光学定数や薄膜の膜厚を評価する分光分析手法である。

光学定数や膜厚の他、材料特性として光学バンドギャップやキャリア密度、光学異方性や深さ方向の均一性など多くの情報を求めることができ、その適用分野は、半導体メモリ・パワー半導体・太陽電池・ディスプレイ・高分子・バイオ材料など多岐にわたる。非破壊・非接触で評価でき、バルクや薄膜、液体の情報が得られることから、研究開発だけでなく、工場生産ラインでの品質管理にも利用されている。

弊社では、2005年からJ.A.Woollam社の高速分光エリプソメトリーを導入し、2021年にM-2000UIに更新した。更新による新たな評価手法をここで紹介する。

2. エリプソメトリーについて¹⁾

試料表面に光が入射するとき、試料表面や膜/基板界面で反射し、試料内部で透過・吸収が起きる。入射光の試料入射面に対して平行な電場成分 E_p を持つ成分(p偏光)と垂直な電場成分 E_s を持つ成分(s偏光)が含まれる。反射したp、s偏光はそれぞれ異なった振幅および位相の変化を示す(図1)。

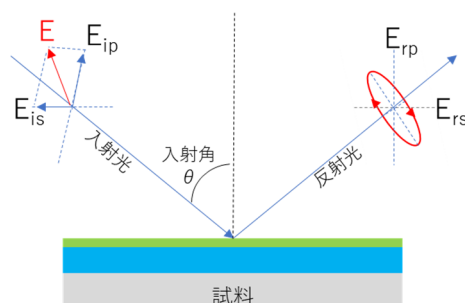


図1 反射光の偏光状態の変化

エリプソメトリーでは、反射光の偏光成分の位相差および振幅比を角度で表した (Δ, ψ) の2つの値を測定する。s偏光とp偏光の振幅反射係数の比 (r_s/r_p) から (Δ, ψ) は以下式で定義される。

$$\tan(\psi) e^{i\Delta} = r_p/r_s = E_{rp}/E_{rs}$$

ここで、 $\tan(\psi)$ は振幅比、 Δ は位相差である。 (Δ, ψ) から直接特性を示すことは困難なため、光学モデルを用い光学定数や膜厚等を変数として、測定値 (Δ, ψ) と理論値 (Δ, ψ) が一致するよう計算を繰り返し、解析を行う。

高速分光エリプソメトリーM-2000UIの光学系は回転補償子型エリプソメトリーである。 (Δ, ψ) をフルレンジで測定でき、ミューラー行列は12成分得られる。重水素ランプとQTHランプを光源とし、波長は247nm～1680nmで紫外、可視、近赤外に渡って広い範囲測定できる。測定時間は1測定当たり数秒～数分程度で、時間分解測定にも対応している。試料台には200mmφXY可動ステージと角度可変透過ステージを有し、集光レンズをつけることでスポット径を2×8mm程度から