

イメージングエリプソメトリーにおける偏光素子の誤差解析

Error analysis of polarization components for imaging ellipsometry

山梨大工¹, (株) 目白 67² °金 蓮花¹, 上原 誠²

Univ. of Yamanashi¹, Mejiro 67 Inc.², °Lianhua Jin¹, Makoto Uehara²

E-mail: lianhua@yamanashi.ac.jp

【はじめに】 イメージングエリプソメトリーは試料の光学特性分布や膜厚分布の測定が可能のことから、半導体計測からバイオテクノロジーまで幅広い分野での応用が期待されている。現在実用化されているイメージングエリプソメトリーは Null 法のみになっている。その他、様々な計測方法が報告されているが実用化には至っていない。イメージングエリプソパラメータに用いる偏光素子の誤差解析が不十分であるのがその理由の一つとして挙げられる。本報告では、PCSA 構造をもつイメージングエリプソメトリーにおける偏光素子の誤差解析を行い、実際のイメージングエリプソメトリー計測を試みたので紹介する。

【原理】 PCSA 型エリプソメトリーは点計測でしばしば用いる方法である。入射側の偏光子(P)の透過軸の方位を θ_p , 位相子(C)のリタデーションと主軸方位を δ と θ_Q , 出射側の検光子 (A) の主軸方位を 45° に設定すると、検出器からえられる光強度は以下の式で表すことができる。

$$I = a \left[\begin{aligned} &1 - \{1 - (1 - \cos \delta) \sin^2 2\theta_Q\} \cos 2\theta_p + (1 - \cos \delta) \sin 2\theta_Q \cos 2\theta_Q \sin 2\theta_p \} N \\ &+ \{ (1 - \cos \delta) \sin 2\theta_Q \cos 2\theta_Q \cos 2\theta_p + [1 - (1 - \cos \delta) \cos^2 2\theta_Q] \sin 2\theta_p \} C \\ &+ (\sin \delta \sin 2\theta_Q \cos 2\theta_p - \sin \delta \cos 2\theta_Q \sin 2\theta_p) S \end{aligned} \right] + b \quad (1)$$

ただし、 a は入射光強度や量子効果等と関連する量で、 b は検出器の暗電流の影響を示す量である。試料のエリプソパラメータ Δ と ψ は式(1)の $N (= \cos 2\psi)$, $C (= \sin 2\psi \cos \Delta)$, $S (= \sin 2\psi \sin \Delta)$ から導くことができる。実際のエリプソメトリーにおける偏光素子には、製造誤差およびアライメント誤差が生じる。そのため、式(1)の解析ではこれらの誤差を含まなければならない。また、イメージングエリプソメトリーでは、位相子のリタデーション誤差が場所毎に異なる。ここでは、標準試料と被測定試料の 16 枚の測定画像から、これらの誤差および Δ , ψ を同時に分離する。

【数値計算及び実験】 式(1)から N , C , S を求めるために、偏光子の透過軸方位と四分の一波長板の主軸方位を 8 つの角度で組み合わせを行い、8 つの画像を取得する。四分の一波長板を回転する場合は、回転毎に同一測定場所における四分の一波長板のリタデーション誤差が異なることを考慮する必要がある。リタデーション誤差が 5° , 偏光子と四分の一波長板のアライメント誤差が $3^\circ, 2^\circ$, 被測定試料の Δ, ψ がそれぞれ $150^\circ, 20^\circ$ の場合、数値計算の結果は $\Delta = 150.0001^\circ$, $\psi = 20.0000^\circ$ となった。実際に、図 (1) の Offner イメージングシステム[1]を用いた PCSA エリプソメータを開発し、基礎実験を行い本方法の有効性を確認した。

【文献】 [1] L. Jin, et. al. Rev. Sci. Instrum. 88, 013704 (2017).

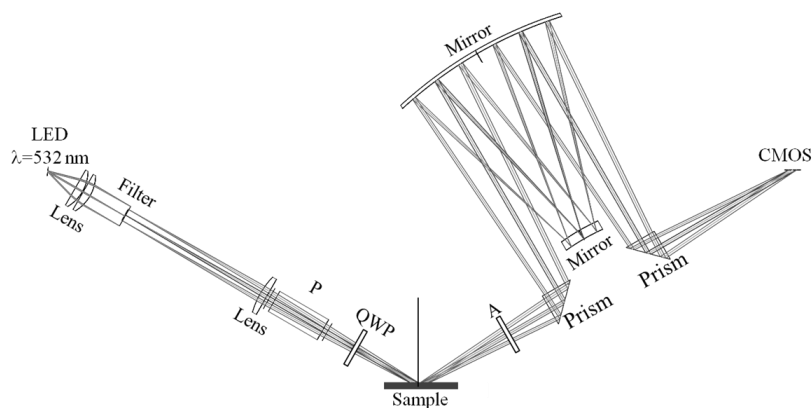


Fig. 1 Simple configuration of PCSA imaging ellipsometer